631.411.3:631.8
COMMONWEALTH BUREAU OF PASTURES AND FIELD CROPS
-3 DEC 1956
by
DATE 8.1.56
Ab. articles: pp.

VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 146
PUBLICATIONS OF THE FINNISH STATE AGRICULTURAL RESEARCH BOARD No. 146

SAVIMAAN LANNOITUSTA KOSKEVIA TUTKIMUKSIA

PÄÄASIASSA PITKÄAIKAISEN MUSTIALAN KOULUTILALLA SUORITETUN LANNOITUSKOKEEN PERUSTEELLA

MARTTI SALONEN JA AARNE TAINIO
MAATALOUSKOELAITOS, MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN OSASTO
TIKKURILA

SUMMARY:

INVESTIGATIONS CONCERNING THE MANURING AND FERTILIZING OF CLAY SOIL, BASED PRINCIPALLY ON THE RESULTS OF A LONG-TERM EXPERIMENT AT MUSTIALA SCHOOL FARM

HELSINKI 1956

VALTION MAATALOUSKOETOIMINNAN JULKAISUJA N:o 146
PUBLICATIONS OF THE FINNISH STATE AGRICULTURAL RESEARCH BOARD No. 146

SAVIMAAN LANNOITUSTA KOSKEVIA TUTKIMUKSIA

PÄÄASIASSA PITKÄAIKAISEN MUSTIALAN KOULUTILALLA SUORITETUN LANNOITUSKOKEEN PERUSTEELLA

MARTTI SALONEN JA AARNE TAINIO

MAATALOUSKOELAITOS, MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN OSASTO
TIKKURILA

SUMMARY:

INVESTIGATIONS CONCERNING THE MANURING AND FERTILIZING OF CLAY SOIL, BASED PRINCIPALLY ON THE RESULTS OF A LONG-TERM EXPERIMENT AT MUSTIALA SCHOOL FARM

HELSINKI 1956

Helsinki 1956. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällys

Sivu

1. Johdanto 5
2. Kokeen suunnitelma ja suoritus 6
   eri koejäsenillä käytetyt lannoitemäärät 7
3. Sääsuhteet koekauden aikana 7
4. Kokeessa saadut satotulokset 12
   a. Nurmet 12
      vuotuisvaihtelut 12, keskimääräiset sadot 14, väkilannoitteissa annettujen eri ravinteiden vaikutus 15, karjanlannan vaikutus 3. (4.) v:n nurmella 16, lannoituksen vaikutus nurmien apilapitoisuuteen 16, lannoitusten vaikutus nurmien kestävyyteen 18
   b. Kaura ja hernekaura 18
      kaura 19, hernekaura 21
   c. Ruis 23
   d. Lanttu 25
   e. Yhdistelmä koko koekauden kaikista sadoista 27
      eri lannoiteyhdistelmien vaikutus koekauden eri jaksoina 29, eri ravinteiden vaikutus I ja III koejakson aikana 31, karjanlannan vaikutus 32
   f. Satotaso kokeen eri jaksoina 35
   g. Väkilannoitteiden vaikutus verrattuna karjanlannan vaikutukseen .. 38
   h. Tulokset verrattuina muiden saman suunnitelman mukaan järjestettyjen kokeiden tuloksiin 38
5. Satotuotteiden kasvinravinnepitoisuudet 43
   a. Analyyseissä käytetyt menetelmät 43
   b. Satojen kasvinravinnepitoisuudet 43
      nurmet 43, kaura ja hernekaura 44, ruis 46, lanttu 47
6. Arvio lannoitteissa annettujen ravinteiden hyväksikäyttömääristä 47
   typpi 48, fosfori 49, kali 49, ravinteiden otto eri lähteistä 49
7. Ravinnetaseet eri koejäsenillä 49
8. Tutkimuksia koekentän maasta 54
   a. Analyyseissä käytetyt menetelmät 54
   b. Humuspitoisuus 55
   c. Typpipitoisuus 56
   d. Maan pH 56
   e. Vaihtuvat emäkset 59
   f. Vaihtuva kalkki 60
   g. Vaihtuva kali 62
   h. Helposti liukeneva fosfori 63
   i. Vettä kestävien murujen määrät maassa 66
9. Tutkimustulosten tarkastelua 67
10. Päätelmät 71
    Kirjallisuutta 73
    Summary 75
    Liitetaulukko I 84

Mustialassa hiesusavimaalla ollut koe lopetettiin v:n 1953 lopussa, kun koe oli ollut käynnissä kolmen viljelyskierron ajan, ja voidaan katsoa, että koetulokset jo pääasiassa riittävät selvitysten tekemiseen.

Kun tämä sangen monipuolinen koe on sijainnut savimaalla ja lounais-Suomen savialueen keskustassa, saadaan siitä paljon nimenomaan meikäläisten savimaiden viljelyksessä arvokasta tietoa, jota tässä vielä tuetaan kahden savimaalla (Kurkijoki ja Anjala) ja yhden hietamaalla (Kanneljärvi) lyhyen ajan käynnissä olleen kokeen tuloksilla.

2. Kokeen suunnitelma ja suoritus

Mustialassa hiesusavella, lohko B III, vuosina 1929—53 käynnissä olleen lannan ja väkilannoitteiden käyttökokeen koejäsenet olivat:

A. Koejäsenryhmä ilman karjanlantaa

0	ilman väkilannoitteita						
NPK	100 kg/ha	kalkkisalp.,	200 kg/ha	superf.	ja	100 kg/ha	40 % kalis. vuosittain
NP	100 »	»	200 »	»		vuosittain	
NK	100 »	»	100 »	40 % kalis.		»	
PK	200 »	superf.,	100 »	»		»	

B. Koejäsenryhmä, jossa karjanlantaa annetaan kesannolle 30 tn/ha ja juurikasveille 50 tn/ha, väkilannoitejäsenet kuten A:ssa.

C. Koejäsenryhmä, jossa karjanlantaa annetaan kierron aikana yhteensä sama määrä kuin B:ssä, mutta jaettuna siten, että kesannolle tulee 30 tn/ha, juurikasveille 30 tn/ha ja viimeiselle heinänurmelle 20 tn/ha, väkilannoitejäsenet kuten A:ssa.

Kokeessa on siten ollut 15 koejäsentä, jotka karjanlannan käytön mukaan jakaantuvat kolmeen ryhmään, A, B ja C. Kaikki koejäsenet ovat olleet neljänä kertauksena. Koekentän järjestely ilmenee kuvassa 1 esitetystä kenttäkartasta. Ruutujen koko on ollut $6 \times 10 = 60$ m^2. Siten koko kentän alaksi tulee $15 \times 4 \times 60$ m^2 = 36 aaria.

Viljelyskierto on ollut seuraava: kesanto, ruis, 3 nurmea, kaura, lanttu ja hernekaura. Kuten liitetaulukosta I nähdään, suunnitelman mukaista kasvijärjestystä ei ole aivan tarkoin voitu noudattaa.

Käytännöllisistä hoitotöistä Mustialassa ovat vastanneet tilanhoitajat agr. S. Kantala 1929—32 ja agr. H. Metsänoja 1933—34 sekä sen jälkeen kokeen lopettamiseen asti kirjanpitäjä maat. tekn. E. Partinen.

Eri koejäsenillä käytetyt lannoitemäärät. Väkilannoitteita on koko kokeen ajan käytetty joka vuosi samat määrät lukuun ottamatta vuosia, jolloin koekasvina on ollut ruis, jolle tulevat väkilannoitteet on annettu kesannolle, salpietari syksyllä oraille. Vuonna 1942 ei väkilannoitteita annettu, mikä johtui sota-ajan vaikeuksista. Väkilannoiteyhdistelmät ovat olleet aivan samat kaikissa koejäsenryhmissä A (ilman karjanlantaa), B (lanta kesannolle ja juurikasveille) ja C (lanta kesannolle, juurikasveille ja 3. v:n nurmelle). Väkilannoitteissa annetut ravinnemäärät nähdään taulukosta 1.

Karjanlanta, jota on käytetty B- ja C-koejäsenryhmissä, on paria kertaa lukuun ottamatta analysoitu, joten siinä annetut ravinnemäärät tiedetään. Karjanlanta-analyysien tulokset ja lannassa kulloinkin annetut ravinnemäärät nähdään taulukosta 2. Kun vuosina 1946 ja —49 käytetyistä lannoista ei ole analyysilukuja, on orgaanisen aineen ja ravinteitten määrät laskettu käyttäen lukuja, jotka on saatu laskemalla keskiarvot Mustialasta vuosina 1943 ja —48 lähetetyistä lantanäytteistä. — Mainittakoon, että ennen kokeen alkamista on 1926 koko alueella annettu karjanlantaa 70 tn/ha.

I	II	III	IV
C PK	A PK	B PK	C PK
C NK	A NK	B NK	C NK
C NP	A NP	B NP	C NP
C NPK	A NPK	B NPK	C NPK
C 0	A 0	B 0	C 0
B PK	C PK	A PK	B PK
B NK	C NK	A NK	B NK
B NP	C NP	A NP	B NP
B NPK	C NPK	A NPK	B NPK
B 0	C 0	A 0	B 0
A PK	B PK	C PK	A PK
A NK	B NK	C NK	A NK
A NP	B NP	C NP	A NP
A NPK	B NPK	C NPK	A NPK
A 0	B 0	C 0	A 0

Kuva 1. Kartta ruutujen sijoituksesta kentällä.

Figure 1. Map showing the position of plots in the experiment field.

Taulukko 1. Kokeessa käytetyt kasvinravinnemäärät

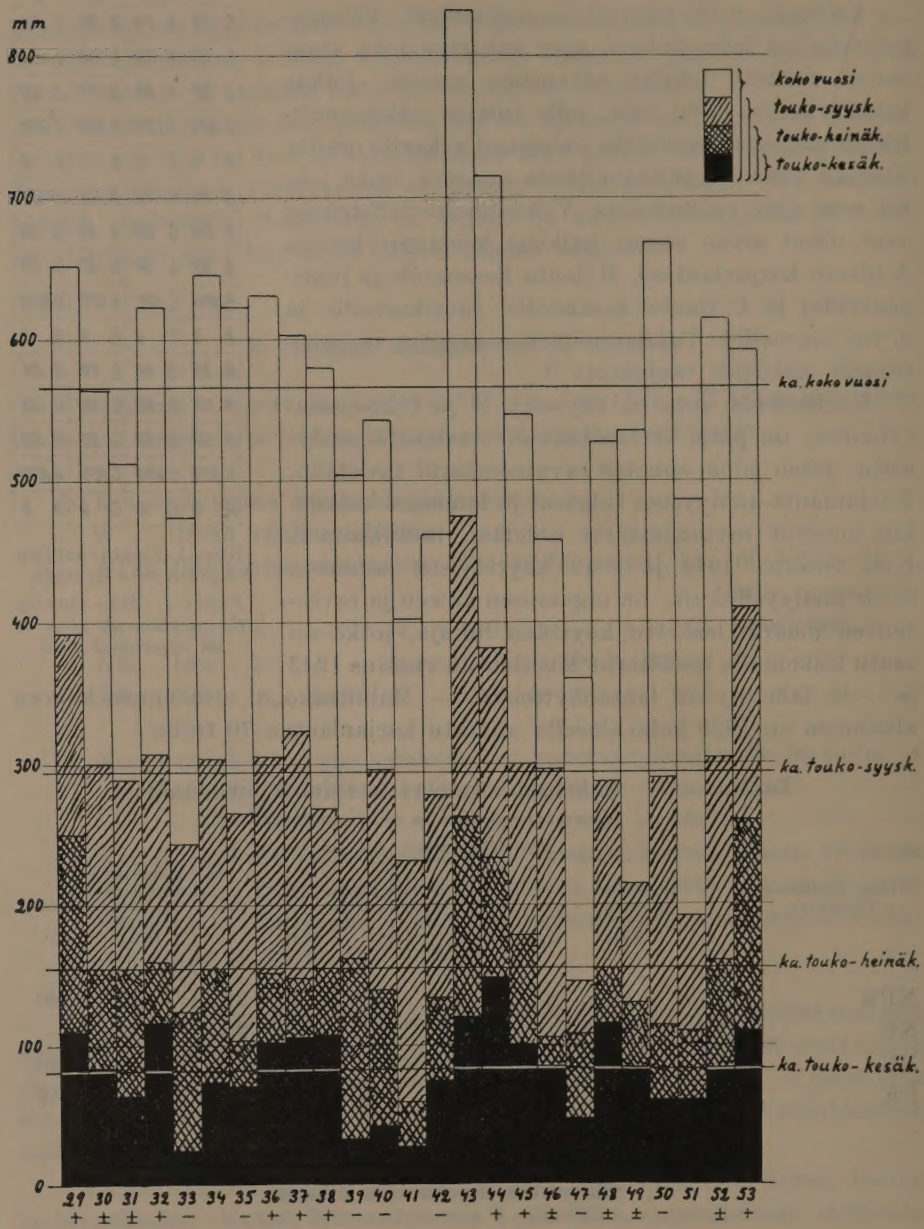
Table 1. Nutrients applied in artificial fertilizers

Ravinteita kg/ha — *Nutrients kg. per ha.*

Väkil. koejäsen *Treatment*	vuosittain *annually*			kierron aikana *during rotation*			koko koeaikana = 21 lannoitusvuotta *during the whole experiment period*		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NPK	15.5	40	40	108.5	280	280	325.5	840	840
NP	15.5	40	—	108.5	280	—	325.5	840	—
NK	15.5	—	40	108.5	—	280	325.5	—	840
PK	—	40	40	—	280	280	—	840	840

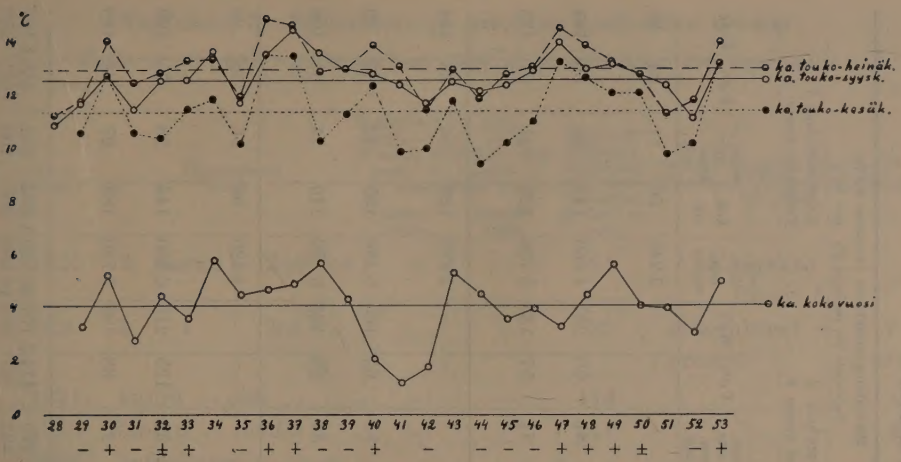
3. Sääsuhteet koekauden aikana

Mustialassa ei ole suoritettu säännöllisiä säähavaintoja, mutta linnuntietä 15 km:n päässä sijaitsevalta Jokioisten säähavaintoasemalta on sellaiset käytettävissä. Sademäärässä voi jo tämäkin etäisyys aiheuttaa eroja, mutta kun on kysymyksessä pitkä ajanjakso, erot tuskin muodostuvat paljoakaan



Kuva 2. Koevuosien sadesuhteet. Selitys: musta alaosa = touko—kesäkuu, seuraava = heinäkuu, seuraava = elo—syyskuu; koko pylväs = koko vuoden sademäärä.

Figure 2. Precipitation in experiment years. Explanation: black bottom part, May — June, then July, then August—September; the whole column, total annual precipitation.



Kuva 3. Koevuosien lämpötilasuhteet. Selitys: alin käyrä = koko vuoden keskilämpötila,seuraava = touko—kesäkuun, seuraava = touko—syyskuun ja ylin käyrä = touko—heinäkuun keskilämpötila.

Figure 3. Temperatures of experiment years. Explanation: lower diagram, mean annual temperature; then, mean temperature of May—June; then, May—September, and at the top, mean temperature of May—July.

merkitseviksi. Koekauden sääoloista esitetään sademäärät (mm) kuvassa 2 ja keskimääräiset lämpötilat kuvassa 3 paitsi koko vuodelta myös kasvukauden ajalta, jolta esitetään tiedot touko-kesäkuun, touko-heinäkuun ja touko-syyskuun ajalta. Touko-kesäkuun sääolojen voidaan katsoa vaikuttavan nurmen kasvuun (odelmasatoja ei ole otettu), touko-heinäkuun korsiviljojen ja touko-syyskuun lantun kasvuun. Sadesuhteissa kiinnittää huomiota erityisesti se, että koekauden alkupuolella v:een 1939 asti vuotuiset vaihtelut ovat paljon pienempiä kuin sen jälkeen seuranneella kaudella.

Kun tässä tarkastellaan juuri tietyn kauden asioita, on sademäärien ja lämpötilojen vertailun lähtökohtana käytetty ko. 25-vuotisjakson keskiarvoja, jotka on merkitty kuviin 2 ja 3. Mikäli ao. vuotena ko. kasvin suhteen tärkeimpänä aikana (nurmi: touko-kesäk., korsiviljat: touko-heinäk. ja lanttu: touko-syysk.) sademäärä tai lämpötila on ollut lähellä koko kauden 1929—53 keskimäärää, se on arvioitu »normaaliseksi» (merk. ±) ja mikäli sademäärä tai lämpötila on siitä poikennut, se on merkitty keskiarvoa korkeammaksi (merk. +) tai alemmaksi (merk. —).

Olisi kiintoisaa selvittää, mikä vaikutus sääsuhteilla on ollut satojen tasoon. Asia on kuitenkin vaikeasti selvitettävissä, kun viljelyskasvit ovat vaihtuneet vuodesta toiseen ja eri kasvien ominaissatoisuudessa on suuria eroja. Seuraavassa yritetään kuitenkin tarkastella vuotuisten satotulosten suhtautumista sääsuhteisiin hyvin tietoisena tällaisen vertailun rajoituksista.

Satojen suhdelukujen saamiseksi on kunkin vuoden sato muunnettu

Taulukko 2. Analyysitiedot eri aikoina annetusta karjanlannasta ja sen käyttömäärät

Table 2. Analyses of farmyard manure and amounts applied

Vuosi *Year*	Käyttöaika *Time of application*	Viljelyskasvi *Crop*	Käytetty lanta sisälsi kg/tn *In manure kg. per ton*					Määrät eri koejäsenryhmissä tn/ha *Amounts in different treatment groups*		Ravinteita annetussa lannassa kg/ha *Nutrients in manure kg. per ha.* Koejäsenryhmä B *Treatment group B*					Koejäsenryhmä C *Treatment group C*				
			org. ain. *org. matter*	N kok. *tot.*	N amm. + nitr. *amm. + nitr.*	P_2O_5	K_2O	B	C	org. ain. *org. matter*	N kok. *tot.*	N amm. + nitr. *amm. + nitr.*	P_2O_5	K_2O	org. ain. *org. matter*	N kok. *tot.*	N amm. + nitr. *amm. + nitr.*	P_2O_5	K_2O
1929	syksyllä *autumn*	—30 3. nurmi *3rd year ley*	197	3.3	0.55	1.7	4.8	—	20	—	—	—	—	—	3 940	66	11	34	96
—32	keväällä *spring*	lanttu *swedes*	162	3.8	1.61	1.0	4.7	50	30	8 100	190	81	50	235	4 860	114	48	30	141
—34	kesällä *summer*	kesanto, —35 ruis *fallow, -35 rye*	191	4.2	1.36	1.9	4.5	30	30	5 730	126	41	57	135	5 730	126	41	57	135
—38	syksyllä *autumn*	—39 4. nurmi *4th year ley*	214	6.4	1.72	1.8	7.2	—	20	—	—	—	—	—	4 280	128	34	36	144
—41	keväällä *spring*	lanttu *swedes*	216	4.5	1.05	1.3	3.3	50	30	10 800	225	53	65	165	6 480	135	32	39	99
—43	kesällä *summer*	kesanto, —44 ruis *fallow, -44 rye*	216	7.0	1.12	2.8	5.6	30	30	6 480	210	34	84	168	6 480	210	34	84	168
—46	syksyllä *autumn*	—47 3. nurmi *3rd year ley*	(226	4.8	0.78	2.5	4.3)	—	20	—	—	—	—	—	4 520	96	16	50	86
—49	keväällä *spring*	lanttu *swedes*	(226	4.8	0.78	2.5	4.3)	50	30	11 300	240	39	125	215	6 780	144	23	75	129
—51	kesällä *summer*	kesanto, —52 ruis *fallow, -52 rye*	125	6.1	0.90	1.1	6.3	30	30	3 750	183	27	33	189	3 750	183	27	33	189
Yht. lannassa koko koeaikana — *Total in manure during the exp. ...*								240	240	46 160	1 174	275	414	1 107	46 820	1 202	266	438	1 187
» » koejakson I aikana — » » » » *exp. phase I*								80	80	13 830	316	122	107	370	14 530	306	100	121	372
» » » II » — » » » » » » *II*								80	80	17 280	435	87	149	333	17 240	473	100	159	411
» » » III » — » » » » » » *III*								80	80	15 050	423	66	158	404	15 050	423	66	158	404

Taulukko 3. Sääsuhteet ja satotaso koekauden aikana

Table 3. Weather conditions and level of yields during the experiment

Vuosi *Year*	Viljelyskasvi *Crop*	Sääsuhteet yli norm. +, »norm.» ±, alle norm. — *Weather conditions above norm. +, »norm.» ± below norm. —* sadem. *precip.*	lämpöt. *temp.*	Satotasoa ilmaiseva suhdeluku *Rel. figure indicating the level of yield*	Yhteenveto jakson sääsuhteista *Summary of weather cond. during the phase*
1929	2. nurmi — *2nd ley*	+	—	85	Koejakso I: *Phase I*
1930	3. » *3rd* »	±	+	82	sadesuhteet + 3 v. *precip.* *years*
1931	kaura — *oats*	±	—	113	± 2 »
1932	lanttu — *swedes* ...	+	±	111	— 2 »
1933	hernekaura — *peas and oats*	—	+	72	lämpösuhteet + 3 » *temp.*
1934	kesanto — *fallow* ..				± 1 »
1935	ruis — *rye*	—	—	119	— 3 »
1936	1. nurmi — *1st ley*	+	+	118	
1937	2. »	+	+	137	Koejakso II:
1938	3. »	+	—	131	sadesuhteet + 4 v.
1939	4. »	—	—	52	± 0 »
1940	kaura	—	+	70	— 3 »
1941	lanttu, ei satoja — *swedes, no yield* ..				lämpösuhteet + 2 »
1942	hernekaura	—	—	122	± 0 »
1943	kesanto				— 5 »
1944	ruis.....	+	—	94	
1945	1. nurmi	+	—	120	
1946	2. »	±	—	108	Koejakso III:
1947	3. »	—	+	45	sadesuhteet + 1 v.
1948	kaura	±	+	92	± 4 »
1949	lanttu	±	+	89	— 2 »
1950	hernekaura	—	±	131	lämpösuhteet + 4 »
1951	kesanto				± 1 »
1952	ruis.....	±	—	87	— 2 »
1953	1. nurmi	+	+	122	
25 v. *years*	21 satoa *yields*				

ry:iksi (myös oljet on laskettu mukaan) ja laskettu kaikkien koejäsenten keskimääräinen sato ry/ha. Kunkin kasvilajin kohdalla on laskettu siitä saatu koekauden aikainen keskisato (nurmi 10, kaura ja hernekaura 6, ruis 3 ja lanttu 2 satovuotta) ja yksityisten vuosien sadot on laskettu prosentteina siitä. Nämä suhdeluvut nähdään taulukosta 3. Tässäkin menettelyssä on selviä heikkouksia, esim. lantun ja rukiin kohdalla tulee keskiarvo laskettavaksi aivan liian harvojen lukujen pohjalta ja nurmien kohdalla ei tule nurmen vanhenemisesta johtuva huonompi kasvu mitenkään huomioon otetuksi.

Satotasoa osoittavien suhdelukujen ja sääsuhteiden välillä ei näytä olevan paljoakaan yhteenkäymistä. Sadesuhteilla näyttää kuitenkin olevan enemmän vaikutusta satomääriin kuin lämpösuhteilla, mutta johdonmukaisuus ei ole siinäkään selvä, esim. ruis on 1935 antanut hyvän tuloksen, vaikka sääsuhteet näyttäisivät olleen epäsuotuisat, hernekaura 1942 on samaten antanut hyvän tuloksen sääsuhteiden näennäisestä epäsuotuisuudesta huolimatta.

Myöhemmin tehtäviä vertailuja varten (s. 29) on koko koeaika jaettu kolmeen jaksoon, joihin kuhunkin sisältyy 7 satoa. Taulukon 3 oikeassa laidassa on suppea katsaus näiden jaksojen sääsuhteisiin. Kuten voidaan todeta, näyttävät sääsuhteet jaksojen I ja III aikana olevan suunnilleen toisiaan vastaavat, mutta jakson II aikaiset sääsuhteet ovat selvästi muita epäsuotuisammat.

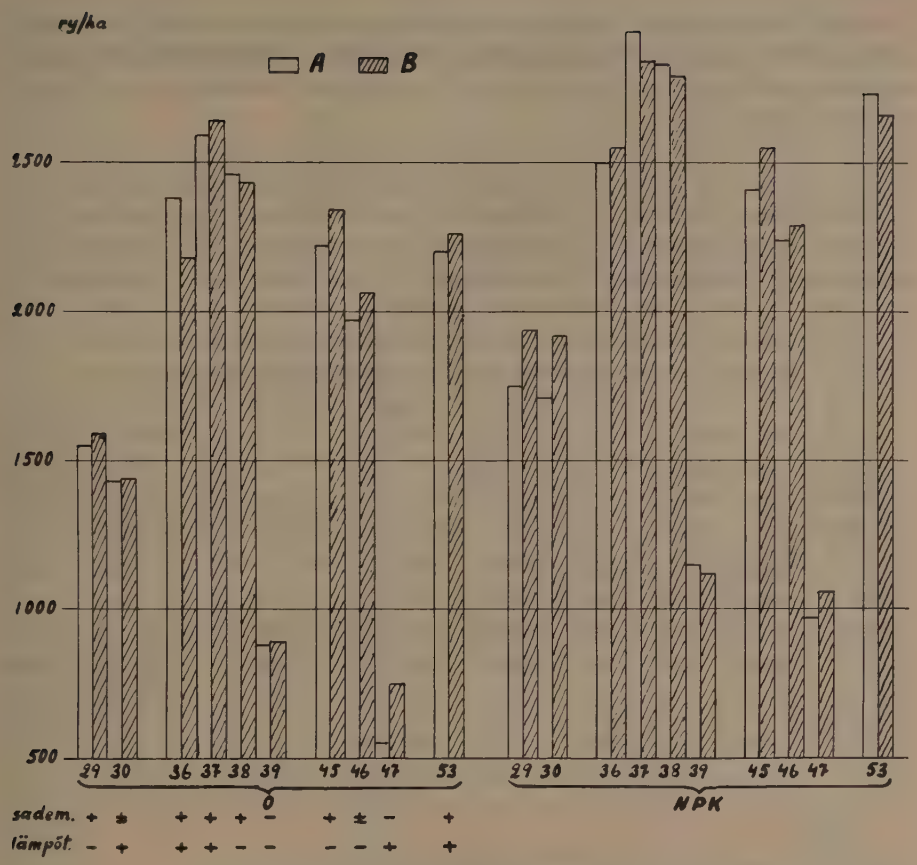
4. Kokeessa saadut satotulokset

Yksityiskohtaiset tiedot vuotuisista satotuloksista kg/ha nähdään liitetaulukosta I. Seuraavassa tarkastellaan koelannoitusten vaikutusta ensin eri kasvilajien ja sen jälkeen kaikkien kasvilajien satoihin keskimäärin. Jotta eri kasvien antamien satojen vertailu olisi helpompaa, on sadot ensin muunnettu rehuyksiköiksi. Rehuyksikköarvoina on käytetty:

heinä — *hay*	0.408	ruis — *rye*	jyvät — *grain*	1.000
			oljet — *straw*	0.208
kaura ja hernekaura, jyvät *oats and peas and oats grain*	0.843	lanttu - *swedes* juuret - *roots*		0.112
oljet — *straw*	0.273		naatit — *leaves*	0.067

a. Nurmet

Vuotuisvaihtelut. Nurmivuosia sisältyy tarkasteltavana olevaan kauteen 10. Eri vuosina on voitu saada hyvin erilaisia satoja. On sekä sääsuhteista johtuvaa vuotuisvaihtelua että nurmen iästä johtuvaa vaihtelua. Näiden



Kuva 4. Nurmien sadot eri koevuosilta ry/ha.
Merkki ± = keskiarvoa vastaava, + = keskiarvoa korkeampi, — = keskiarvoa alempi.
Figure 4. Yields of leys in different years, f.u. per ha. Explanation: sadem. = precipitation; lämpöt. = temperature; sign ± = average; + = above average; — = below average.

yhteisestä vaikutuksesta saa käsityksen kuvasta 4, jossa on ilmaistu eri vuosina koejäseniltä 0 ja NPK ilman karjanlantaa ja sen käytön ohella saadut sadot. Kuvaan on merkitty ao. pylväiden kohdalle sade- ja lämpötilasuhteiden poikkeamiset keskiarvosta. Sademäärä sattuu olemaan kaikkiaan kuutena nurmivuotena keskimäärää korkeampi ja ilmeisesti nurmen kasvulle suotuisa ja vain kahtena normaalia alempi. Kun lisäksi epäsuotuisat sadesuhteet sattuvat —39 4. nurmen ja —47 3. nurmen kohdalle, tulee näinä vuosina erityisen huonot tulokset. Lämpötila on viitenä nurmivuotena normaalia korkeampi ja viitenä vuotena sitä alempi. Lämpötilasuhteilla ei näytä olleen vaikutusta nurmien satoihin. Kun nurmivuosia on kaikkiaan

10 ja ne jakaantuvat neljään nurmijaksoon 25 vuoden ajalla, voitaneen olettaa, että sääsuhteiden mahdollinen osuus erilaisten lannoitusten vaikutukseen tasoittuu siinä määrin, että on paikallaan tarkastella lannoitusten keskimääräistä vaikutusta.

Keskimääräiset sadot. Taulukosta 4 nähdään koko koeajalta lasketut keskimääräiset nurmista saadut sadot ry/ha. Huolimatta suurista vuotuisvaihteluista muodostuvat eri koejäsenten väliset satoerot useimmissa tapauksissa tilastollisesti merkitseviksi. Ilman merkitsevyyttä jäävät

Taulukko 4. Erilaisilla lannoituksilla nurmilta saadut sadot ry/ha
Table 4. Yields of leys as f.u. per ha. with different treatments

Väkilannoiteyhdistelmät *Fert. combinations*	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments* A sato *yield*	A sadonlis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	B sato *yield*	B sadonlis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	B sadonlis. *incr. in yield* lann. *man.*	C sato *yield*	C sadonlis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	C sadonlis. *incr. in yield* lann. *man.*	Keskim. ABC *Aver. ABC* sato *yield*	Keskim. ABC *Aver. ABC* sadonlis. *incr. in yield*
0	1823		1868		45	1826		3	1839	
NPK ..	2123	300	2172	304	49	2098	272	—25	2131	292
NP ...	2088	265	2212	344	124	2132	306	44	2144	305
NK ...	2040	217	2143	275	103	2125	299	85	2103	264
PK ...	1925	102	1921	53	— 4	1960	134	35	1935	96
keskim. *aver.*	2000		2063		63	2028		28	2030	

me	*	54
L.S.D.	**	72
	***	93

typpeä saaneiden koejäsenten väliset satoerot, mikä merkitsee sitä, että typpilannoitus on ollut ratkaiseva ja fosforikalilannoituksen osuus pieni. PK-lannoitus on antanut hieman enemmän satoa kuin 0, mutta ryhmässä B erotus ei ole merkitsevä. Huomiota herättää, että koejäsenryhmissä B ja C NP on antanut paremmat keskimääräiset sadot kuin NPK. Erotus ei kylläkään ole tilastollisesti merkitsevä, mutta kun se on lähes kaikkina vuosina toistuva, voidaan sitä pitää viittauksena siihen, että karjanlannan ohella käytettynä kalilannoituksella on tällä maalla ollut lievästi negatiivinen vaikutus. Karjanlannan vaikutus jää odottamattoman vähäiseksi. Lannankäyttötavalla B tulee vaikutus kuitenkin keskimäärin merkitseväksi, ja verraten hyväksi tulee vaikutus NP- ja NK-väkilannoitusten ohella. Lannankäyttötavalla C tulee vaikutus merkitseväksi vain NK-väkilannoi-

tuksen ohella. Siten lannan vaikutuksessa on piirteitä, jotka viittaavat siihen, että lanta vaikuttaa nurmilla pääasiassa fosfori- ja kalilannoitteena, mutta sangen vähän typpilannoitteena.

Väkilannoitteissa annettujen eri ravinteiden vaikutus. Kun kussakin eri koejäsenryhmässä on väkilannoitelannoitusjäsenet järjestetty ns. yleislannoituskokeen kaavan mukaan, voidaan laskea kunkin lannoiteyhdistelmän ja siten myös kunkin lannoitteen antama vaikutus yhdessä kahden muun kanssa. Jos lasketaan kunkin lannoitteen vaikutus suoraan erotuksina NPK — kahden lannoitteen vaikutus, »suora laskutapa», saadaan melkein aina kolmen eri lannoitteen vaikutuksen summaksi luku, joka poikkeaa NPK-lannoituksen vaikutuksesta. Tämä erotus, jota TENNBERG (1939) sanoo sekundääriseksi kombinaatiovaikutukseksi, johtuu siitä, että jonkin ravinteen vaikutus voi olla erilainen yksin ja eri yhdistelmissä käytettynä. Kun tässä ei ole tarkoitus tehdä näitä selvityksiä, on kunkin ravinteen vaikutus laskettu menetelmällä, jossa eri ravinteiden vaikutuksiksi saadaan luvut, joiden summa on sama kuin NPK-lannoituksen vaikutus, »suhteellinen laskutapa» (TENNBERG 1939, s. 216). Taulukkoon 5 on merkitty rinnan näillä molemmilla laskutavoilla saadut vaikutusluvut. Kuten voidaan todeta, laskutapa vaikuttaa paljon vaikutuslukuihin. Myöhemmissä taulukoissa esitetään vain ns. suhteellisella laskutavalla saadut luvut.

Taulukko 5. Eri ravinteiden vaikutus nurmien satoihin ry
Table 5. The effect of different nutrients on the yields of leys, f. u.

	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments*							
	A		B		C		Keskim. ABC *Aver. ABC*	
	laskutapa — *method of calculation*							
	suora *direct*	suht. *relative*	suora *direct*	suht. *relative*	suora *direct*	suht. *relative*	suora *direct*	suht. *relative*
15.5 kg N kalkkisalp. *as nitr. of lime*	192	192	251	273	138	203	196	223
40 » P_2O_5 superf. . *as superph.*	83	78	29	50	—27	38	28	55
40 » K_2O kalis. . . *as mur. of potash*	35	30	—40	—19	—34	31	—13	14
Yhteensä — *Total*	316	300	240	304	77	272	211	292
NPK-lannoituksen vaikutus . . . . . *Effect of NPK fert.comb.*	300		304		272		292	

Typen vaikutus on ollut paljon suurempi kuin muiden ravinteiden. Fosforin vaikutus on pieni kauttaaltaan, ja varsinkin karjanlannan ohella. Kalin vaikutus on vieläkin vähäisempi.

Karjanlannan vaikutus 3. *(4.) v:n nurmella.* Erona lannankäyttötavoilla B ja C on se, että B:ssä lanta annetaan lantulle (50 tn) ja kesannolle (30 tn) ja C:ssä annetaan 20 tn eli ¼ siitä 80 tn:sta, mikä kierrolle tulee, 3. v:n nurmelle edellisenä syksynä, jolloin lantulle riittää vain 30 tn. Poikkeuksellinen on ollut nurmikausi 1936—39, jolloin tämä lanta-annos on annettu vasta 4. v:n nurmelle syksyllä —38.

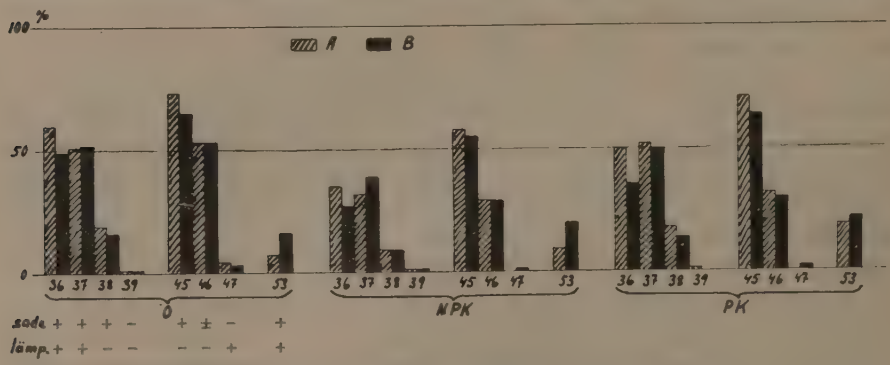
Jos tarkastellaan lannan käytön vaikutusta vanhalla nurmella laskemalla keskiarvot ry/ha viimeisten nurmivuosien eli v:ien 1930, —39 ja —47 sadoista, saadaan taulukossa 6 esitetyt luvut.

Taulukko 6. Lannan käyttötavan vaikutus vanhojen nurmien satoihin
Table 6. Effect of method of application of manure on the yields of old leys

Väkil. yhdistelmät *Fert. comb.*	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments* A	B	C	erotus B—A *diff. B—A*	erotus C—A *diff. C—A*	erotus C—B *diff. C—B*
0	953	1060	1030	107	77	—30
NPK	1277	1367	1287	90	10	—80
NP	1347	1367	1377	20	30	10
NK	1217	1293	1330	76	113	37
PK	1090	1087	1157	— 3	67	70
keskim.... *aver.*	1177	1235	1236	58	59	1

Vanhalle nurmelle annetun lannan vaikutus (erotus C—B) osoittautuu keskimäärin mitättömäksi. Parhaiten näyttää lanta pinnalle annettuna vaikuttavan PK-väkilannoituksen ohella.

Lannoituksen vaikutus nurmien apilapitoisuuteen. Nurmikausilta 1936—39 ja 1945—47 sekä ensimmäisestä nurmesta 1953 on selvitetty apilan osuudet sadoista. Kuvasta 5 nähdään apila-%:n vuotuisvaihtelut koe-



Kuva 5. Nurmien apilaprosentit eri koevuosilta.
Figure 5. Percentages of clover in leys in different years.

jäsenillä 0, NPK ja PK ryhmissä A ja B. Vuotuisvaihtelut ovat tietenkin hyvin suuret, mikä johtuu paitsi nurmen iästä myös sääsuhteiden, kasvitautien ym. vaikutuksista. Eri lannoituskäsittelyillä ei näytä olevan vaikutusta tähän vuotuisvaihteluun, ei edes typpilannoituksella, joka näyttäisi eniten alentavan apilapitoisuutta.

Eri käsittelyillä saatujen satojen apilaprosentit keskiarvoina nähdään taulukosta 7. Kaikki lannoitus, ja erityisesti väkilannoitelannoitus, on vähentänyt apilaprosenttia. Voimakkain vaikutus on ollut typpilannoituksella, mutta fosforikalilannoituksenkin vaikutus on tilastollisesti merkitsevä. Karjanlannan apilaa vähentävä vaikutus sen sijaan ei saavuta merkitsevyysrajaa.

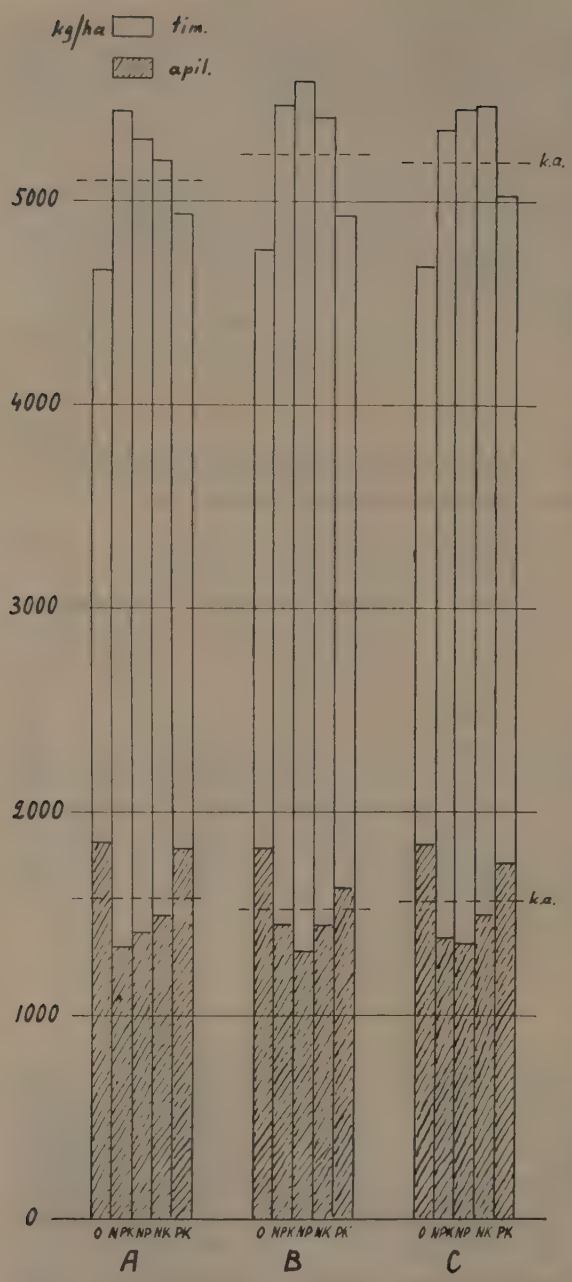
Taulukko 7. Nurmien satojen keskimääräiset apilaprosentit
Table 7. Average clover percentages in the yields of leys

Väkilannoiteyhdistelmät *Fertilizer combination*	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments*							
	A	vaikutus %-yks. *effect in percent units* väkil. *fert.*	B	vaikutus %-yks. *effect in percent units* väkil. *fert.*	vaikutus %-yks. *effect in percent units* kl. *man.*	C	vaikutus %-yks. *effect in percent units* väkil. *fert.*	vaikutus %-yks. *effect in percent units* kl. *man.*
0	33.5		31.9		—1.6	32.9		—0.6
NPK	21.6	—11.5	22.6	— 9.3	1.0	22.3	—10.6	0.7
NP	23.4	—10.1	20.6	—11.3	—2.8	21.8	—11.1	—1.6
NK	25.1	— 8.6	23.3	— 8.6	—1.8	23.9	— 9.0	—1.2
PK	30.5	— 3.0	27.3	— 4.6	—3.2	29.0	— 3.9	—1.5
keskim. *aver.*	26.8		25.1		—1.7	26.0		—0.8

me (%-yks.)	*	2.5
L.S.D.	**	3.3
	***	4.3

Kun lannoitukset lisäävät nurmen kokonaissatoja, ei ole itsestään selvää, että apilasadot kilomääräisesti vähenisivät, vaikka apilaprosentissa tapahtuisikin alenemista. Asian selvittämiseksi on laskettu apilasatojen määrät eri koejäsenillä kunakin sellaisena vuotena, jolta on käytettävissä botaaniset analyysit. Eri koejäsenille on laskettu keskiarvot, jotka nähdään kuvassa 6. Prosenttilukujen mukaan muodostunut käsitys eri lannoitusten vaikutuksesta apilan osuuteen ei muutu: lannoitukset ovat vähentäneet absoluuttisiakin apilasatoja ja niistä PK-lannoitus vähiten. Vastaavanlaisia koetuloksia on aikaisemmin julkaissut Tainio (1952).

3 8501—56/2,42

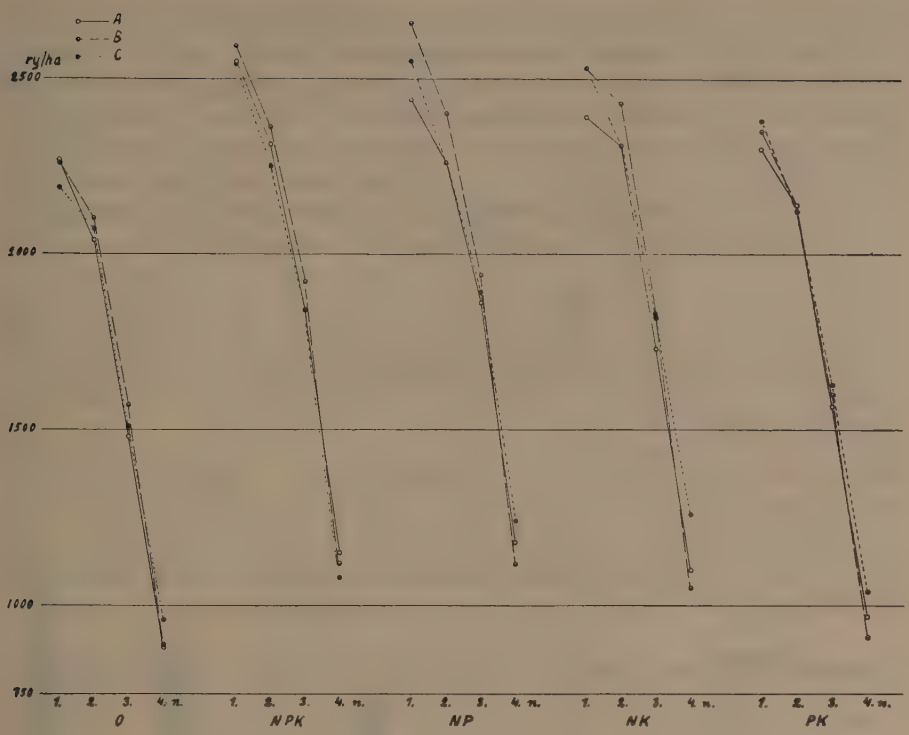


Kuva 6. Keskimääräiset heinäsadot ja apilan osuus niissä kg/ha. Viivoitettu apilaa, valkea timoteita.
Figure 6. Average yields of hay and the proportion of clover in them, kg. per ha. Shaded, clover; white, timothy.

Lannoitusten vaikutuksesta nurmien kestävyyteen saa käsityksen kuvasta 7. Siinä on esitetty keskiarvot eri-ikäisten nurmien sadoista ry/ha (1., 2. ja 3. v:n nurmia 3 kpl, 4. v:n nurmia 1) erilaisilla lannoituksilla. Voidaan todeta, että millään käsittelyllä ei ole ollut mitään selvää nurmen satoisuuden kestävyyttä parantavaa vaikutusta, vaikka satotaso onkin lannoitusten ansiosta korkeampi.

b. Kaura ja herne kaura

Koekiertoon kuuluu kaura nurmen jälkeen ja hernekaura lantun jälkeen. Koeaikana on sekä kauraa että hernekauraa viljelty kolmena vuotena. Hernekauran siemenseos on ollut 100 kg hernettä ja 260 kg kauraa. V:n 1933 hernekaura on kuitenkin sikäli epäonnistunut, että kärsäkkäät ovat tuhonneet herneen taimet. Vv:en 1942 ja —50 sadoistakaan ei ole herne-%:a määritetty, mutta päätellen satojen typpipitoisuudesta (taul. 31 ja 32) sato on näinä vuosina selvästi sisältänyt hernettä, mutta kun herneen prosenttista osuutta ei ole määritetty, jää asia epäsel-



Kuva 7. Keskimääräiset sadot eri ikäisiltä nurmilta ry/ha.
Figure 7. Average yields from leys of different ages, f.u. per ha.

väksi. Näistä syistä voitaisiin kauran ja hernekauran suhtautumista lannoituksiin tarkastella yhdessäkin, mutta kun hernekauran satotaso keskimäärin on selvästi korkeampi kuin kauran, tarkastellaan kumpaakin erikseen. Kauran ja hernekauran satojen vuotuisvaihtelusta saa käsityksen kuvasta 8. Sääsuhteet vuosina, jolloin on viljelty kauraa tai hernekauraa, ovat sattuneet melkein aina olemaan vähemmän edullisia. Esim. sadesuhteet, jotka ovat ratkaisevimmat, ovat vain vuosina 1931 ja —48 olleet keskimääräistä vastaavat, muulloin sitä alemmat. Lämpösuhteet ovat olleet keskimääräistä korkeammat vuosina —33, —40 ja —48.

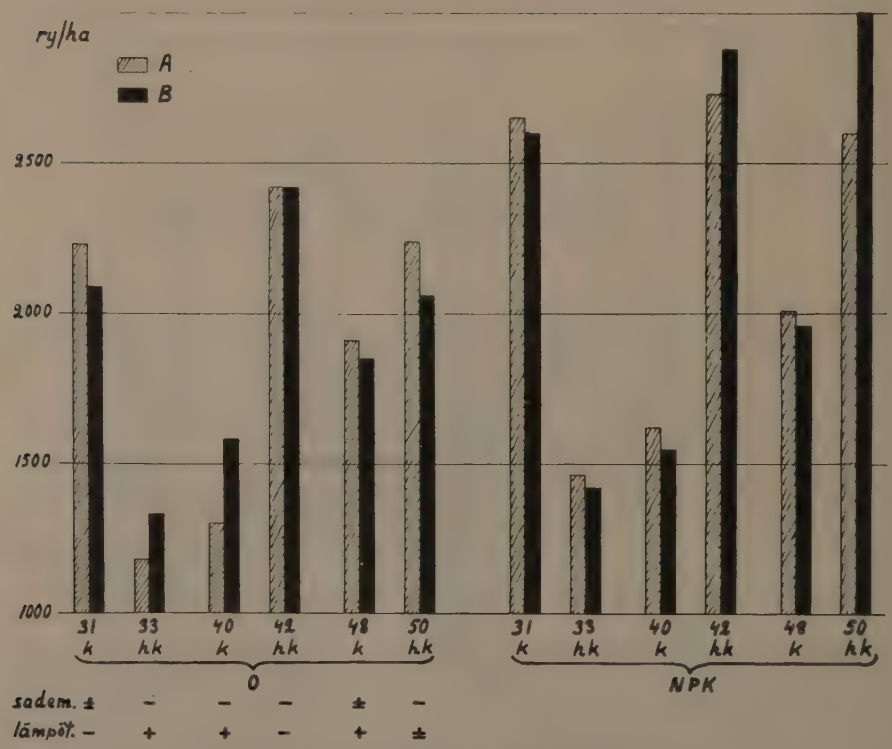
Kaura. Taulukosta 8 nähdään lannoitusten keskimääräiset vaikutukset kauran jyväsatoihin. Jos verrataan tätä taulukkoa vastaavaan nurmien sadoista laskettuun taulukkoon 4, voidaan todeta hyvin suuri samankaltaisuus, vieläpä satotasokin ry/ha laskettuna on molemmissa melkein sama. Eri käsittelyillä saatujen satoerojen merkitsevyydetkin ovat samantapaiset.

Taulukko 8. Kauran jyväsadot ry/ha

Table 8. Oats, yields of grain, f. u. per ha

Väkilannoiteyhdistelmät *Fert. comb.*	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments*									
	A		B			C			Keskim. A B C *Aver. A B C*	
	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sad. lis. *incr. in yield* kl. *man.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sad. lis. *incr. in yield* kl. *man.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*
0	1 813	—	1 840	—	27	1 793	—	— 20	1 816	—
NPK	2 093	280	2 037	197	—56	1 940	147	—153	2 023	207
NP	2 010	197	2 067	227	57	2 067	274	57	2 048	232
NK	1 943	130	1 997	157	54	1 977	184	34	1 972	156
PK	1 740	—73	1 803	—37	63	1 883	90	143	1 809	—7
keskim. *aver.*	1 920	—	1 949	—	29	1 932	—	12	1 934	—

me	*	135
L.S.D.	**	187
	***	257



Kuva 8. Kauran ja hernekauran jyväsadot eri vuosilta ry/ha.

Figure 8. Grain yields of oats and peas and oats in different years, f.u. per ha.

Huomiota herättää NPK-väkilannoituksen ohella ilmenevä lannan satoa alentava vaikutus, joka on melko suuri lannankäyttötavalla C. Kaikkiaan lannan vaikutus kauraan osoittautuu heikoksi muualla paitsi PK-lannoituksen ohella ryhmässä C. Väkilannoitteiden vaikutuksesta voidaan panna merkille, että typen vaikutus on selvä ja fosforin vaikutusta voidaan todeta, mutta kalilla ei ole ollut vaikutusta.

Kun lasketaan aikaisemmin mainitulla ns. suhteellisella tavalla (s. 15) eri ravinteiden vaikutukset, saadaan taulukossa 9 esitetyt luvut.

Taulukko 9. Eri ravinteiden vaikutus kauran jyväsatoihin ry/ha
Table 9. Effect of different nutrients on the yields of oat grain, f. u. per ha

	Koejäsenryhmät *Groups of treatments* A	B	C	Keskim. ABC *Aver. ABC*
15.5 kg N kalkkisalp. — *nitr. of lime*	251	219	141	203
40 » P_2O_5 superf. — *superph.*	48	24	48	40
40 » K_2O 40 % kalis. — *mur. of potash* ...	—19	—46	—42	—36
yhteensä = NPK-lannoituksen vaikutus — *total* = *effect of NPK-combination*.....	280	197	147	207

Eri ravinteiden vaikutukset muistuttavat läheisesti vaikutuksia nurmella (taul. 5), mutta kalin vaikutus on vieläkin huonompi kuin nurmella.

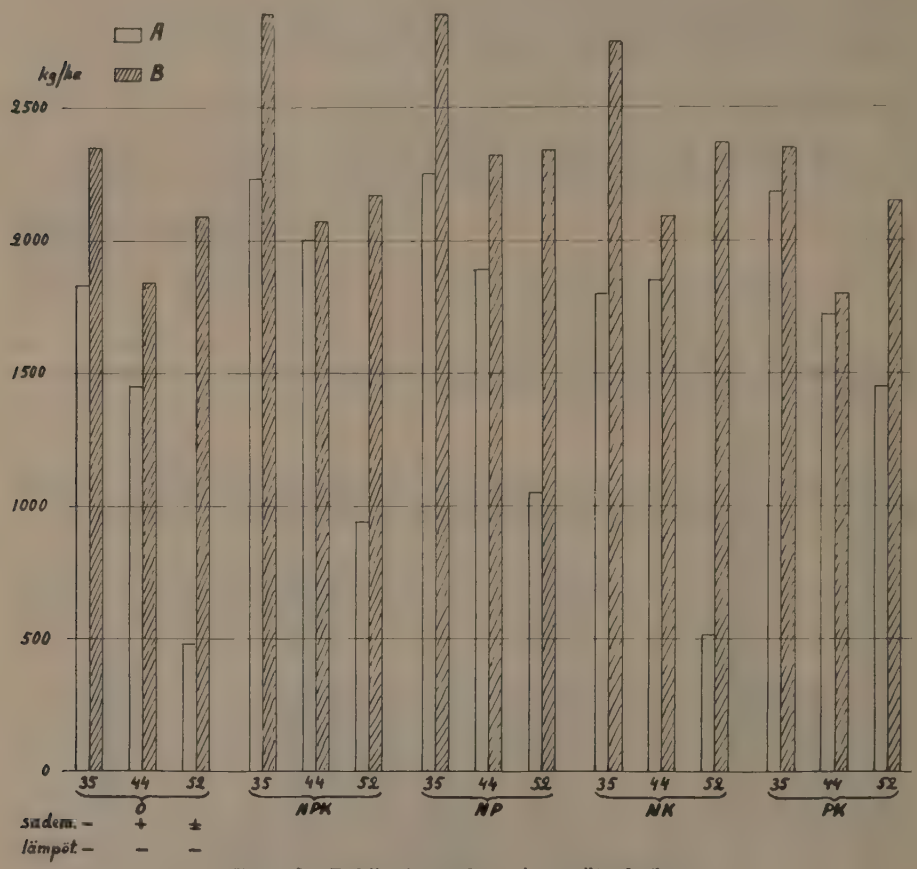
Hernekaura. Jos vastaavalla tavalla käsitellään hernekauran jyväsatoja ry/ha, saadaan taulukossa 10 esitetyt kolmen vuoden keskimääräiset sadot.

Taulukko 10. Hernekauran keskimääräiset jyväsadot ry/ha
Table 10. Average grain yields of peas and oats, f. u. per ha

Väkilannoiteyhdistelmät *Fert. comb.*	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments*									
	A		B			C			Keskim. ABC *Aver. ABC*	
	sato *yield*	sad.lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sato *yield*	sad.lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sad.lis. *incr. in yield* kl. *man.*	sato *yield*	sad.lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sad.lis. *incr. in yield* kl. *man.*	sato *yield*	sad.lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*
0	1 947	—	1 937	—	—10	2 067	—	120	1 983	—
NPK	2 263	316	2 433	496	170	2 377	310	114	2 358	375
NP.....	2 343	396	2 427	490	84	2 497	430	154	2 422	439
NK	2 117	170	2 370	433	253	2 237	170	120	2 241	258
PK	2 077	130	2 257	320	180	2 233	166	156	2 189	206
keskim. ..... *aver.*	2 149	—	2 285	—	136	2 282	—	133	2 239	—

me	*	206
L.S.D.	**	284
	***	391

Hernekauran satotaso on ollut selvästi korkeampi kuin pelkän kauran. Lannoitusten vaikutus on samaten ollut hernekauralla suurempi kuin kauralla. Erityisesti karjanlannan vaikutus on paljon suurempi, mikä johtuu tietenkin siitä, että edellisenä vuotena on lantaa annettu lantulle.



Kuva 9. Rukiin jyväsadot eri vuosilta kg/ha.

Figure 9. Grain yields of rye in different years, kg. per ha.

Jos eri ravinteiden vaikutus lasketaan edellä mainitulla tavalla, saadaan hernekauralle taulukossa 11 esitetyt luvut ry/ha. Samaan tapaan kuin kaurallekin on myös hernekauralle typpilannoitus ollut tehokkain, mutta fosforin vaikutus on selvästi parempi hernekauralla kuin pelkällä kauralla. Kali osoittautuu tässäkin tehottomaksi, mutta on tuskin sentään ollut vahingoksikaan.

Taulukko 11. Eri ravinteiden vaikutus hernekauran jyväsatoon ry/ha
Table 11. Effect of different nutrients on the grain yield of peas and oats f. u. per ha

	Koejäsenryhmät *Groups of treatments* A	B	C	Keskim. ABC *Aver. ABC*
15.5 kg N kalkkisalp. — *nitr. of lime*	208	259	192	220
40 » P_2O_5 superf. — *superph.*	167	147	189	168
40 » K_2O 40 % kalis. — *mur. of potash* ...	—59	90	—71	—13
yhteensä = NPK-lannoituksen vaikutus — *total* = *effect of NPK-combination*.....	316	496	310	375

c. Ruis

Ruis on koekierrossa ollut hyvin edullisessa asemassa, kun sitä on viljelty kesannossa, joka koejäsenryhmissä B ja C on saanut karjanlantaa 30 tn/ha. Ruissadot ovat kolmelta vuodelta. Kuvasta 9 saadaan käsitys vuotuisvaihteluista ja eri lannoitusten vaikutuksista rukiin jyväsatoihin. Ruisvuosista on v. 1935 kuiva, muut keskimäärää kosteampia, mutta kuitenkin v:n —35 sadot ovat kaikkein suurimmat. Ruis onkin tunnettu kasvina, johon kesän sadesuhteet vaikuttavat vähemmän kuin kevätviljoihin. Lakoutumisesta ei ole ollut haittaa rukiille. Lämpötilan puolesta kaikki ruisvuodet sattuvat olemaan keskimäärää kylmempiä.

Taulukosta 12 nähdään eri lannoituskäsittelyjen vaikutus rukiin jyväsatoihin. Keskimäärin tulee karjanlannan vaikutus rukiilla paljon suuremmaksi kuin se oli nurmen ja kauran kohdalla. Erityisesti pistää silmään jyrkkä satotason aleneminen koejäsenryhmässä A, jossa karjanlantaa ei ole käytetty, kuva 9 ja liitetaulukko I.

Taulukko 12. Lannoitusten vaikutus rukiin jyväsatoihin ry/ha
Table 12. Effect of different treatments on the grain yield of rye, f. u. per ha

Väkilannoiteyhdistelmät *Fert. comb.*	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments*									
	A		B			C			Keskim. ABC *Aver. ABC*	
	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sad. lis. *incr. in yield* kl. *man.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sad. lis. *incr. in yield* kl. *man.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*
0	1 253	—	2 093	—	840	1 847	—	594	1 732	—
NPK	1 723	470	2 363	270	640	2 197	350	474	2 094	362
NP.....	1 730	477	2 503	410	773	2 137	290	407	2 123	391
NK	1 390	137	2 403	310	1 013	1 987	140	597	1 927	195
PK	1 783	530	2 100	7	317	2 167	320	384	2 017	285
keskim..... *aver.*	1 576	—	2 293	—	717	2 067	—	491	1 978	—

me	*	236
L.S.D.	**	325
	***	447

Rukiilla näyttää eri lannoitteiden vaikutus eri vuosina vaihtelevan paljon enemmän kuin muilla kasveilla. Yhtenä tärkeänä syynä siihen on varmastikin se, että riippuen talvikauden olosuhteista eri lannoitusten vaikutus voi olla erilainen (kaikki lannoitteet on annettu kesantovuonna), ja kuten tunnettua, talvehtimisella on hyvin suuri vaikutus rukiin satoon. Kun aineistoon sisältyy vain 3 vuotta, on keskiarvojen laskemisen tarkoituksenmukaisuus hyvin kyseenalainen. Sen vuoksi taulukkoon 13 onkin merkitty erikseen kunkin ravinteen vaikutus jokaiselta koevuodelta ja keskimäärin. On huomattava, että v. 1952 A-ryhmän koejäsenten satotaso oli kovin alhainen (kuva 9 ja liitetaul. I), minkä johdosta heilahdukset puoleen ja toiseen voivat olla hyvin suuret eikä saaduille luvuille ole syytä antaa paljoa painoa.

Taulukko 13. Eri ravinteiden vaikutus rukiin jyväsatoihin kg/ha
Table 13. Effect of different nutrients on the grain yield of rye, f. u. per ha

Koejäsenryhmät ja vuodet *Groups of treatments and years*		15.5 kg N kalkkisalp. *nitr. of lime*	40 kg P_2O_5 superf. *superph.*	40 kg K_2O kalis. *mur. of potash*	Yhteensä = NPK-lann. vaik. *Sum = effect of NPK-combination*
A	—35	30	410	—40	400
	—44	284	153	113	550
	—52	—290	640	110	460
	keskim. A *aver. A*	8	401	61	470
B	—35	466	67	— 33	500
	—44	347	57	—174	230
	—52	164	— 57	— 27	80
	keskim. B *aver. B*	326	22	— 78	270
C	—35	180	110	210	500
	—44	— 7	254	23	270
	—52	— 33	317	— 4	280
	keskim. C *aver. C*	47	227	76	350
Keskim. ABC *Aver. ABC*	—35	225	196	46	467
	—44	208	155	— 13	350
	—52	— 53	300	26	273
	keskim. ABC *aver. ABC*	127	217	20	362

Typpi on vaikuttanut parhaiten B-koejäsenryhmässä, mutta A-ryhmässä on vaikutus ollut huonoin. Fosforin vaikutus on ollut parhain A-ryhmässä ja huonoin B-ryhmässä. Kalin vaikutus on keskimäärin huono, mutta joinakin vuosina se on voinut vaikuttaa edullisesti A- ja C-ryhmissä.

d. Lanttu

Johtuen lantun täydellisestä epäonnistumisesta v. 1941 on koetuloksissa lanttusadot vain vuosilta 1932 ja —49. Asia on valitettava paitsi siksi, että kokeeseen tulee epäsäännöllisyyksiä, myös siksi, että lanttu vaateliaana kasvina on kiintoisa suhtautumisessaan lannoitukseen. Toisaalta koesuunnitelmassa oleva lannoitus on lantulle aivan liian niukka. Kummaltakin lanttuvuodelta on koeselostuksissa maininta siitä, että kuivuus on haitannut keväällä, vaikka säähavaintojen mukaan (kuva 2 ja 10) koko kasvukauden sademäärä on 1932 ollut keskimääräistä suurempi ja 1949 keskimäärää vastaava.

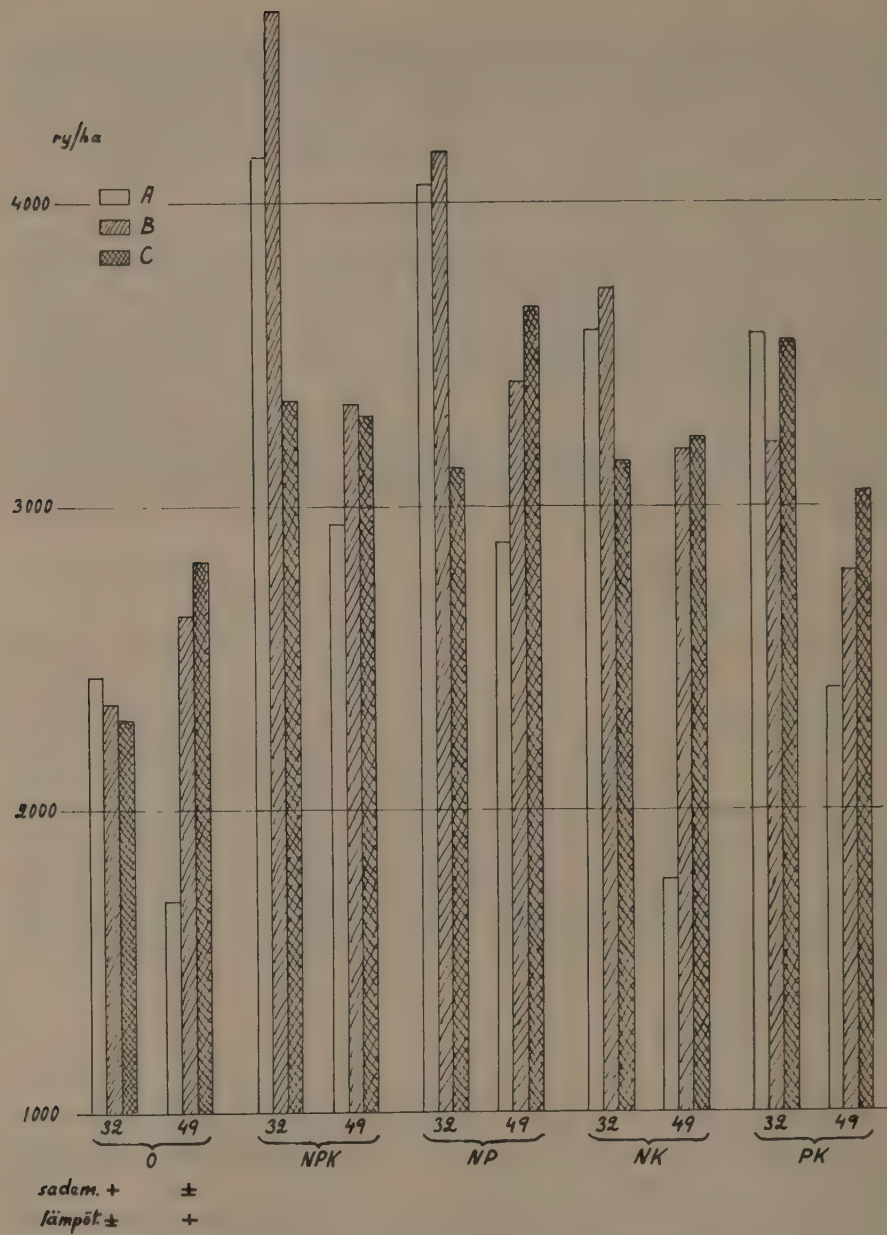
Taulukko 14. Lantun juurisadot keskim. ry/ha
Table 14. Root yields of swedes, f. u. per ha

Väkilannoiteyhdistelmät *Fert. comb.*	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments*									
	A		B			C			Keskim. ABC *Aver. ABC*	
	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sad. lis. *incr. in yield* kl. *man.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sad. lis. *incr. in yield* kl. *man.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*
0	2 070	—	2 495	—	425	2 560	—	490	2 375	—
NPK	3 545	1 475	3 985	1 490	440	3 325	765	–220	3 618	1 243
NP	3 470	1 400	3 790	1 295	320	3 395	835	— 75	3 552	1 177
NK	2 675	605	3 455	960	780	3 190	630	515	3 107	732
PK	2 985	915	3 000	505	15	3 300	740	315	3 095	720
keskim. *aver.*	2 949	—	3 345	—	396	3 154	—	205	3 149	—

me	*	676
L.S.D.	**	984
	***	1 478

Lantun kumpanakin vuotena antamista juurisadoista ja eri lannoitusten vaikutuksista niihin saa käsityksen kuvasta 10. Keskimääräiset juurisadot ry/ha esitetään taulukossa 14.

Aineiston suppeuden ja melkoisten vuotuisvaihtelujen johdosta satoerot eivät läheskään aina ole merkitseviä, vaikka olisivat melko suuriakin. Niinpä karjanlannan vaikutus tulee merkitseväksi vain B-ryhmässä NK-väkilannoituksen ohella. Karjanlannan vaikutus on kaiken kaikkiaan lantulla pieni, vaikka yleensä lanttua pidetään hyvänä lannan käyttäjänä. Mahdollisesti lannan antaminen keväällä on aiheuttanut haittoja taimiston



Kuva 10. Lantun juurisadot eri vuosina ry/ha.
Figure 10. Root yields of swedes in different years, f.u. per ha.

kehitykselle. Väkilannoitteiden vaikutus on yleensä suuri ja tilastollisesti merkitsevä. Vain yhdistelmän NK vaikutus ei tule merkitseväksi ryhmissä

A ja C. Eri lannoiteyhdistelmien vaikutuksesta voidaan panna merkille, että lanttu on ainoa kasvi, jolla NPK on keskimäärin antanut paremman sadonlisäyksen kuin NP.

Väkilannoitteissa annettujen eri ravinteiden vaikutus on laskettu vastaavasti kuin muidenkin kasvien kohdalla, taul. 15.

Taulukko 15. Eri ravinteiden vaikutus lantun juurisatoon ry/ha

Table 15. Effect of different nutrients on the root yields of swedes, f. u. per ha.

	Koejäsenryhmät *Groups of treatments* A	B	C	Keskim. ABC *Aver. ABC*
15.5 kg N kalkkisalp. ..... *nitr. of lime*	550	912	250	571
40 » P_2O_5 superf. ..... *superph.*	860	456	360	558
40 » K_2O 40 % kalis. .... *mur. of potash*	65	122	155	114
Yhteensä = NPK-lannoituksen vaikutus..... *total = effect of NPK-combination*	1475	1490	765	1243

Lantulla on eri ravinteiden vaikutus ollut suuri ja paljon tasaisempi kuin muilla kasveilla, mikä onkin selvää, kun lanttu on vaatelias ja lannoituksesta kiitollinen kasvi. Typen ja fosforin vaikutus on kauttaaltaan ollut hyvin suuri, ja kalinkin vaikutus on ollut selvä.

e. Yhdistelmä koko koekauden kaikista sadoista

Tarkasteltavana olevan kokeen yhtenä tarkoituksena on ollut tutkia eri lannoitustapojen arvoa yleisinä viljelystoimenpiteinä. Siten tulosten tarkastelussakin on pääpaino pantava kaikkien kasvien koko koekaudelta saatuihin satoihin. Kun koekausi on niinkin pitkä, yht. 25 vuotta, 21 satoa, voidaan päätellä, että satunnaisuuksien vaikutus on jo suurin piirtein tasoittunut.

Kaikki sadot on laskettu rehuyksiköiksi s. 12 mainittujen ry-arvojen mukaan. Myös oljet ja naatit on tässä otettu mukaan. Koko koekauden ja kaikkien kasvien keskiarvoina saadaan taul. 16 esitetyt luvut ry/ha.

Taulukko 16. Koko koekaudelta ja kaikista kasveista saadut keskimääräiset sadot ry/ha

Table 16. Average yields from all crops for the whole experiment period, f. u. per ha.

Väkilannoiteyhdistelmät *Fert. comb.*	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments*									
	A		B			C			Keskim. ABC *Aver. ABC*	
	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sad. lis. *incr. in yield* kl. *man.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	sad. lis. *incr. in yield* kl. *man.*	sato *yield*	sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*
0	2 090	—	2 320	—	230	2 260	—	170	2 223	—
NPK	2 602	512	2 804	484	202	2 624	364	22	2 677	454
NP	2 569	479	2 860	540	291	2 690	430	121	2 706	483
NK	2 357	267	2 728	408	371	2 576	316	219	2 554	331
PK	2 356	266	2 448	128	92	2 517	257	161	2 440	217
keskim. *aver.*	2 395	—	2 632	—	237	2 533	—	138	2 520	—

me	*	88
L.S.D.	**	117
	***	150

Jos aikaisemmin mainitulla tavalla lasketaan taas eri ravinteiden vaikutus, saadaan taulukossa 17 esitetyt luvut. Typen vaikutus on keskimäärin

Taulukko 17. Eri ravinteiden keskimääräinen vaikutus kaikilla kasveilla koko koeaikana ry/ha

Table 17. Average effect of different nutrients on all crops during the whole experiment, f. u. per ha.

	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments*							
	A		B		C		Keskim. ABC *Aver. ABC*	
	kaikkiaan *total*	kg kohti ravinnetta *f.u. per kg*	kaikkiaan *total*	kg kohti ravinnetta *f.u. per kg*	kaikkiaan *total*	kg kohti ravinnetta *f.u. per kg*	kaikkiaan *total*	kg kohti ravinnetta *f.u. per kg*
15.5 kg N kalkkisalp. *nitr. of lime*	242	15.6	392	25.3	198	12.8	278	17.9
40 » P_2O_5 superf. *superph.*	241	6.0	112	2.8	140	3.5	164	4.1
40 » K_2O 40 % kalis. *mur. of potash*	29	0.7	— 20	—0.5	26	0.7	12	0.3
yhteensä = NPK-lannoituksen vaikutus *total = effect of NPK-combination*	512	—	484	—	364	—	454	—

ollut hyvä, fosforin pienenpuoleinen ja kalin vaikutus mitätön. Karjanlannan käyttö on parantanut typen vaikutusta käyttötavalla B ja hieman huonontanut käyttötavalla C. Fosforilannoituksen vaikutus on selvästi huonompi, jos maa on saanut karjanlantaa. Kalilannoituksen vaikutuksen

suhteesta lannan käyttöön eivät nämä luvut osoita mitään, joka johtuu siitä, että kalilla ei ole ollut selvää vaikutusta.

Kun kokeessa on viljelty useita erilaatuisia kasveja, joiden suhtautumisessa lannoitukseen voi olla eroja, on taulukossa 18 esitetty tiedot siitä, kuinka paljon koko koeaikana on saatu kaikkiaan sadonlisäyksiä eri väkilannoitteilla ja kuinka nämä lisäykset jakautuvat eri kasvien kesken. Laskutapa on tässäkin sama kuin muualla (s. 15) käytetty. Taulukkoon 18 on lisäksi merkitty täyslannoituksen (NPK) vaikutus eri kasvilajeilla sekä eri ravinteilla yhteensä saadut vaikutukset. Paitsi ry:inä on vaikutukset ilmoitettu myös prosentteina muualla paitsi kalin kohdalla, missä prosenttien esittäminen ei ole asianmukaista, kun esiintyy negatiivisia vaikutuksia.

Jos vaikutukset olisivat samat kaikkien kasvilajien kohdalla, tulisi kunkin ravinteen koko vaikutuksesta nurmien osalle 48, kauran, hernekauran ja rukiin kunkin osalle 14 ja lantun osalle 10 %. Mikäli saatu %-luku on mainittuja alempi, on ravinteen vaikutus ao. kasvin kohdalla keskimäärää pienempi, ja kääntäen. Lukuja tarkasteltaessa voidaan panna merkille, että nurmella ravinteiden vaikutus on huomattavasti keskimääräistä alempi; erityisesti on näin fosforin kohdalla. Kalin suhteen ei tämän perusteella voi sanoa mitään, kun sen vaikutus on mitätön. Kauran laita on samoin kalin ja fosforin suhteen, mutta typen kohdalla on vaikutus keskimääräistä vastaava. Hernekauralla on vaikutus keskimääräistä parempi muiden paitsi kalin kohdalla. Rukiilla tulee väkilannoitteiden vaikutus yleensä tasan keskimäärää vastaavaksi, mutta se johtuu fosforin erittäin hyvästä vaikutuksesta; typen ja kalin kohdalla on vaikutuksessa paljon epäsäännöllistä vaihtelua. Lanttu on aivan omaa luokkaansa suhtautumisessaan väkilannoitteisiin. Sen kohdalla ovat %-luvut kauttaaltaan paljon yläpuolella keskimääräistä. Huolimatta siitä, että lanttu on ollut koekasvina vain kahtena vuotena 21:stä tulee typellä saadusta kaikesta sadonlisäyksestä lähes neljännes, fosforilla saadusta n. kolmannes ja kalilla saadusta yli puolet sen osalle.

Kiintoisa on taulukon 18 alaosassa oleva yhteenveto eri ravinteilla saaduista koko sadonlisäyksistä. Sen mukaan A-ryhmässä 94 % kaikesta sadonlisäyksestä tulee typen ja fosforin osalle ja tasan kummallekin. Kun käytetään myös karjanlantaa, tulee typen osuus vieläkin suuremmaksi ja kalin osuus voi kääntyä suorastaan negatiiviseksi.

Eri lannoiteyhdistelmien vaikutus koekauden eri jaksoina. Kokeessa käytetty viljelyskierto on 8-vuotinen, mutta kun siihen sisältyy kesanto, tulee kierron aikana korjattavaksi vain 7 satoa. Koekausi on kaikkiaan kolmen kierron pituinen, mutta keskimmäinen kierto on epäsäännöllinen sen johdosta, että nurmi siinä on 4-vuotinen ja lanttusatoa ei ole saatu. Koekausi voidaan siten jakaa kolmeen jaksoon, joihin kuhunkin tulee 7 satoa, nim.

Taulukko 18. Eri väkilannoitteilla yhteensä koko koeaikana saadut sadonlisäykset ja niiden jakautuminen eri viljelyskasvien kesken ry/ha

Table 18. Increases in yields due to different fertilizers during the whole experiment and their distribution between different crops, f. u. per ha.

Kasvi *Crop*	Satovuosien lukum. *Number of cropping years*	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments* A		B		C		Keskim. ABC *Aver. ABC*	
		yht.ry *sum f.u.*	%	yht.ry *sum f.u.*	%	yht.ry *sum f.u.*	%	kesk.ry *aver. f.u.*	%
Typpilannoituksen vaikutus, 15.5 kg/ha N vuosittain *Effect of nitrogen fertilizing, 15.5 kg. per ha. N annually*									
Nurmi — *Ley*	10	1 920	38	2 730	33	2 030	49	2 227	38
Kaura — *Oats*	3	940	18	1 040	12	760	18	913	16
Hernekaura — *Peas and oats*	3	920	18	1 050	13	740	18	903	15
Ruis — *Rye*	3	40	1	1 230	15	40	1	437	8
Lanttu — *Swedes*	2	1 260	25	2 200	27	580	14	1 347	23
Yhteensä — *Total*	21	5 080	100	8 250	100	4 150	100	5 827	100
Fosforilannoituksen vaikutus, 40 kg/ha P_2O_5 vuosittain *Effect of phosphorus fertilizing, 40 kg. per ha. P_2O_5 annually*									
Nurmi	10	780	16	500	21	380	13	553	16
Kaura	3	70	1	80	4	210	7	120	4
Hernekaura	3	750	15	500	21	690	23	647	19
Ruis	3	1 630	32	240	10	870	30	913	26
Lanttu	2	1 840	36	1 020	44	790	27	1 217	35
Yhteensä	21	5 070	100	2 340	100	2 940	100	3 450	100
Kalilannoituksen vaikutus, 40 kg/ha K_2O vuosittain *Effect of potash fertilizing, 40 kg. per ha. K_2O annually*									
Nurmi	10	300	—	— 190	—	310	—	140	—
Kaura	3	— 20	—	— 140	—	— 170	—	— 110	—
Hernekaura	3	— 30	—	90	—	— 210	—	— 50	—
Ruis	3	180	—	— 390	—	210	—	0	—
Lanttu	2	180	—	210	—	400	—	263	—
Yhteensä	21	610	—	— 420	—	540	—	243	—
Täyslannoituksen vaikutus, 15.5 N, 40 P_2O_5 ja 40 K_2O vuosittain *Effect of NPK-fertilizing, 15.5 N, 40 P_2O_5 and 40 K_2O annually*									
Nurmi	10	3 000	28	3 040	30	2 720	36	2 920	30
Kaura	3	990	9	980	9	800	10	923	10
Hernekaura	3	1 640	15	1 640	16	1 220	16	1 500	16
Ruis	3	1 850	17	1 080	11	1 120	15	1 350	14
Lanttu	2	3 280	31	3 430	34	1 770	23	2 827	30
Yhteensä	21	10 760	100	10 170	100	7 630	100	9 520	100
Eri ravinteilla saadut vaikutukset yhteensä *Total effects of different nutrients*									
N	15.5 kg/ha/v	5 080	47	8 250	81	4 150	54	5 827	61
P_2O_5	40 » »	5 070	47	2 340	23	2 940	39	3 450	36
K_2O	40 » »	610	6	— 420	(— 4)	540	7	243	3
Yhteensä — *Total*		10 760	100	10 170	100	7 630	100	9 520	100

Taulukko 19. Keskimääräiset sadot ry/ha I ja III koejakson aikana
Table 19. Average yields f. u. per ha. during experimental phases I and III

Väkilannoiteyhdistelmät *Fert. comb.*	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments* A: sato *yield*	A: sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	B: sato *yield*	B: sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	B: sad. lis. *incr. in yield* kl. *man.*	C: sato *yield*	C: sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*	C: sad. lis. *incr. in yield* kl. *man.*	Keskim. ABC *Aver. ABC* sato *yield*	Keskim. ABC *Aver. ABC* sad. lis. *incr. in yield* väkil. *fert.*
Jakson I aikana — *During phase I*										
0	2 219	—	2 311	—	92	2 210	—	— 9	2 247	—
NPK	2 811	592	3 064	753	253	2 684	474	—127	2 853	606
NP	2 767	548	3 040	729	273	2 677	467	— 90	2 828	581
NK	2 530	311	2 811	500	281	2 534	324	4	2 625	378
PK	2 543	324	2 520	209	— 23	2 564	354	21	2 542	295
keskim. — *aver.*	2 574	—	2 749	—	175	2 534	—	— 40	2 619	—
Jakson III aikana — *During phase III*										
0	1 861	—	2 339	—	478	2 337	—	476	2 179	—
NPK	2 439	578	2 760	421	321	2 746	407	307	2 648	469
NP	2 420	559	2 880	541	460	2 930	593	510	2 743	564
NK	2 094	233	2 849	510	755	2 766	427	672	2 570	391
PK	2 143	282	2 473	134	330	2 599	262	456	2 405	226
keskim. — *aver.*	2 191	—	2 660	—	469	2 675	—	484	2 509	—

me	*	104
L.S.D.	**	143
	***	197

jakso I = 1929—36, jakso II = 1937—45 ja jakso III = 1946—53. Jakso II ei ole toisiin verrattavissa viljelyskasvien kannalta ja sen vuoksi, että sääsuhteet ovat sen aikana olleet selvästi huonommat kuin muulloin (taul. 3).

Lannoitteiden vaikutus on voinut olla erilainen koekauden eri jaksoina. Siitä saadaan käsitys taulukosta 19, josta nähdään keskimääräiset vuotuiset sadot ja sadonlisäykset ry/ha jaksoilta I ja III.

Eri ravinteiden vaikutus I ja III koejakson aikana. Jos lasketaan väkilannoitteissa annettujen eri ravinteiden vaikutus aikaisemmin mainitulla tavalla, saadaan taulukossa 20 esitetyt luvut.

Taulukko 20. Eri ravinteiden vaikutus jaksojen I ja III aikana ry/ha
Table 20. Effect of different nutrients during phases I and III, f. u. per ha.

	Koejäsenryhmät — *Groups of treatments* A: jakso I *phase I*	A: jakso III *phase III*	B: jakso I *phase I*	B: jakso III *phase III*	C: jakso I *phase I*	C: jakso III *phase III*	Keskim. ABC *Aver. ABC* jakso I *phase I*	Keskim. ABC *Aver. ABC* jakso III *phase III*
15.5 kg N kalkkisalp. *nitr. of lime*	267	269	521	402	186	301	325	324
40 » P_2O_5 superf. *superph.*	281	317	231	25	215	136	242	159
40 » K_2O 40 % kalis. *muriate of potash*	44	— 8	1	— 6	73	— 30	39	— 14
yht. = täyslannoituksen vaikutus *total=effect of NPK-combin.*	592	578	753	421	474	407	606	469

Koejäsenryhmässä A on typen vaikutus sama kumpaisenakin jaksona, mutta fosforin vaikutus on ajan mittaan parantunut ja kalin alun perin pieni vaikutus näyttää täysin loppuneen.

Koejäsenryhmässä B on typen vaikutus yleensä erittäin hyvä, lähes 2-kertainen verrattuna A-ryhmään, ja siinä tapahtuu pieni väheneminen koekauden aikana. Fosforin vaikutus on alkuun ollut suunnilleen sama kuin A-ryhmässä, mutta siinä on koekauden aikana tapahtunut suuri lasku. Kalin vaikutus on mitätön kaiken aikaa.

Koejäsenryhmässä C on typen vaikutus alkuun melko vaatimaton, mutta näyttää paranevan koekauden aikana. Fosforin vaikutus on alkuun hieman pienempi kuin muualla ja vähenee vielä ajan mukana. Kalilla on alkuun pieni vaikutus, mutta se kääntyy myöhemmin negatiiviseksi.

Vertailu viittaa siihen, että karjanlantalannoitus ei vähennä typpilannoitteilla saatavaa sadonlisäystä, mutta kylläkin fosforilannoitteilla saatavaa. Kalilannoituksen suhteen ei tule mitään selvitystä, kun koemaa on sellainen, että kalilla ei ole vaikutusta.

Karjanlannan vaikutus on tunnetusti useita vuosia kestävä. Niinpä aikaisemmissa tarkasteluissa on sen suhteen tyydytty vain lyhyihin viittauksiin. Kun kuitenkin lannan vaikutuksen selvittely on ollut eräänä päätavoitteena kokeen järjestämisessä, tehdään sen tarkastelu tässä sekä jaksoittain että koko koekauden tulokset huomioon ottaen. Viimeiset karjanlantaerät on kokeessa annettu kesannolle v. 1951, joten sen jälkeen on korjattu vain 2 satoa. Siten viimeisen lantaerän vaikutus ei kokonaisuudessaan vielä sisälly koesatoihin, mutta esille tulematta jäänyt vaikutus on kuitenkin todennäköisesti siksi pieni, ettei se voisi ainakaan oleellisesti vaikuttaa numeroihin. Lannan vaikutus on eri tapauksissa laskettu siten, että lantaa saaneen koejäsenen sadosta (ry/ha) on vähennetty vastaavan ilman lantaa viljellyn koejäsenen sato. Lannan vaikutus eri jaksoina ja yhteensä nähdään nähdään taulukosta 21.

Voidaan todeta, että lannan vaikutus kaiken kaikkiaan on ollut vähäinen (vert. Virri 1953, Salonen ja Honkavaara 1955). Siinä on lisäksi ollut paljon vaihtelua, jossa on hyvin vaikea nähdä johdonmukaisuutta. Erityisesti kiinnittää huomiota lannan joko mitätön tai suorastaan negatiivinen vaikutus C-ryhmän koejäsenillä jaksojen I ja II aikana. Jakson III aikana on lannan vaikutus ollut kauttaaltaan suurin ja tasaisin sekä hyvin samanlainen sekä B- että C-ryhmän koejäsenissä.

Jos lasketaan kaikki karjanlannalla koko koeaikana eri viljelyskasveilla saadut sadonlisäykset ry:inä saadaan taulukossa 22 olevat luvut (oljet ja naatit mukana). Kiintoisinta siinä on saatujen sadonlisäysten jakautumista eri kasvilajien kesken osoittavat prosenttiluvut. Nähdään että aivan valtaosa lannan antamasta sadonlisäyksestä tulee rukiin kohdalle. Lanttu on

Taulukko 21. Lannan vaikutus yhteensä ry/ha ja ry käytettyä lantatonnia kohti eri koejaksoina ja koko koeaikana

Table 21. Effect of farmyard manure, total and f. u. per ton, during different experiment phases and during the whole experiment period

Väkilannoiteyhdistelmät *Fert. comb.*	Koejaksot — *Phases* I		II		III		Yhteensä koko koeaikana *Total in the whole experiment period*	
	yht. *total*	ry/tn *f.u. per ton*	yht. *total*	ry/tn *f.u. per ton*	yht. *total*	ry/tn *f.u. per ton*	yht. *total*	ry/tn *f.u. per ton*
Lannankäyttötapa B — *Manuring method B*								
0	650	8.1	840	10.5	3 340	41.8	4 830	20.1
NPK	1 770	22.1	220	2.8	2 250	28.1	4 240	17.7
NP	1 910	23.9	970	12.1	3 220	40.3	6 100	25.4
NK	1 970	24.6	550	6.9	5 280	66.0	7 800	32.5
PK	— 160	— 2.0	—220	— 2.8	2 310	28.9	1 930	8.0
keskim. — *aver.*	1 228	15.4	472	5.9	3 280	41.0	4 980	20.7
Lannankäyttötapa C — *Manuring method C*								
0	— 60	— 0.8	320	4.0	3 330	41.6	3 590	14.9
NPK	— 890	—11.1	—800	—10.0	2 150	26.9	460	1.9
NP	— 630	— 7.9	—410	— 5.1	3 570	44.6	2 530	10.5
NK	30	0.4	—120	— 1.5	4 700	58.8	4 610	19.2
PK	150	1.9	50	0.6	3 190	39.9	3 390	14.1
keskim. — *aver.*	— 280	— 3.5	—192	— 2.4	3 388	42.4	2 916	12.1

varsinkin koejäsenryhmässä B saanut runsaasti lantaa, mutta vaikutuksesta tulee sen kohdalle vain joko kaavamaisesti, tasaisen vaikutuksen mukaan laskettu määrä (s. 29), ryhmä C, tai hieman enemmän, ryhmä B. Hernekauran osalle tulee lannan vaikutuksesta lähes teoreettinen määrä, mutta nurmen ja varsinkin kauran kohdalla on lannan vaikutus hyvin vähäinen. Tämän mukaan lannan ensimmäisen vuoden vaikutus on ollut aivan ratkaiseva ja jälkivaikutus vähäinen.

Taulukon 22 mukaan näyttää siltä, että lannan vaikutus rukiilla on ollut tehokkaampi kuin lantulla. Selvemmän käsityksen saamiseksi on taulukkoon 23 laskettu, paljonko nämä saadut sadonlisäykset tekevät käytettyä lantatonnia kohti. Rukiilla on lantatonnia kohti saatu suunnilleen 4 kertaa suurempia sadonlisäyksiä kuin lantulla. Pääasiassa tanskalaisiin koetuloksiin perustuva käsitys on se, että lanttu olisi paljon edullisempi karjanlannan käyttäjä kuin ruis (esim. Salonen 1949, s. 191). On myös esitetty käsityksiä, että pohjoisempana olisi sikäli toisin, että syysviljojen suhteellinen lannan hyväksikäyttö paranisi, mutta ei kuitenkaan olisi parempi kuin juurikasvien (esim. Fredriksson ja Bengtsson 1952, s. 80). Eräänä mahdollisena syynä lannan odottamattoman huonoon vaikutukseen lantulla voidaan mainita se, että lannan antaminen keväällä on voinut aiheuttaa erilaisia haittoja taimiston kehitykselle.

Taulukko 22. Karjanlannan koko vaikutus koekauden aikana ja sen jakautuminen eri kasvien kesken ry/ha

Table 22. Total effect of farmyard manure during the experiment and its distribution between the different crops, f. u. per ha.

	Satovuosia *Harvest years*	Väkilannoitelannoitus — *Fertilizer combinations*										Keskim. *Average*	
		0		NPK		NP		NK		PK			
		yht.ry *total f.u.*	%	yht.ry *total f.u.*	%	yht.ry *total f.u.*	%	yht.ry *total f.u.*	%	yht.ry *total f.u.*	%	yht.ry *sum f.u.*	%
Koejäsenryhmä B — *Treatment group B*													
Nurmi — *Ley*	10	450	9	490	12	1 240	20	1 030	13	— 40	(— 2)	634	13
Kaura — *Oats*	3	— 210	(— 4)	— 220	(— 5)	360	6	230	3	130	7	58	1
Hernekaura — *Peas and oats*	3	390	8	390	9	570	9	940	12	580	30	574	12
Ruis — *Rye*	3	3 290	68	2 520	59	3 110	51	3 940	51	1 360	70	2 844	57
Lanttu — *Swedes*	2	910	19	1 060	25	820	14	1 660	21	— 100	(— 5)	870	17
Yht. — *Total*	21	4 830	100	4 240	100	6 100	100	7 800	100	1 930	100	4 980	100
Koejäsenryhmä C — *Treatment group C*													
Nurmi	10	30	1	— 250	(— 54)	440	17	850	18	350	10	284	10
Kaura	3	— 210	(— 6)	— 400	(— 87)	360	14	70	2	380	11	40	1
Hernekaura	3	490	14	70	15	520	21	400	9	520	15	400	14
Ruis	3	2 410	67	1 680	365	1 540	61	2 350	51	1 570	47	1 910	65
Lanttu	2	870	24	— 640	(—139)	— 330	(—13)	940	20	570	17	282	10
Yht.	21	3 590	100	460	100	2 530	100	4 610	100	3 390	100	2 916	100
Keskim. B ja C — *Average B and C*													
Nurmi	10	240	6	120	5	840	19	940	15	155	6	459	12
Kaura	3	— 210	(— 5)	— 310	(— 13)	360	8	150	2	255	9	49	1
Hernekaura	3	440	10	230	10	545	13	670	11	550	21	487	12
Ruis	3	2 850	68	2 100	89	2 325	54	3 145	51	1 465	55	2 377	60
Lanttu	2	890	21	210	9	245	6	1 300	21	235	9	576	15
Yht.	21	4 210	100	2 350	100	4 315	100	6 205	100	2 660	100	3 948	100

Taulukko 23. Sadonlisäys ensimmäisenä vuotena ry/tn käytettyä lantaa
Table 23. Increase in yield of 1st year, f. u. per ton of farmyard manure

	Ruis — *Rye*		Lanttu — *Swedes*	
	ryhmä B *group B*	ryhmä C *group C*	ryhmä B *group B*	ryhmä C *group C*
Käytetty lantamäärä — *Amount of farmyard manure applied*	3 × 30 = 90 tn	3 × 30 = 90 tn	2 × 50 = 100 tn	2 × 30 = 60 tn
Väkilannoiteyhdistelmä — *Fert. comb.* 0	36.6	26.8	9.1	14.5
» — » » NPK	28.0	18.7	10.6	—10.7
» — » » NP	34.6	17.1	8.2	— 5.5
» — » » NK	43.8	26.1	16.6	15.7
» — » » PK	15.1	17.4	—1.0	9.5
Keskim. eri väkil. yhd. — *Aver. for diff. fert. comb.*	31.6	21.2	8.7	4.7

Tarkasteltavana olevassa kokeessa on lannan vaikutuksessa paljon vaihtelua ja ristiriitaisuutta, johon ei tiedetä selitystä. On todennäköistä, että tämä on ominaista juuri savimaalle, jossa luontaisesti on melko runsaasti kasvinravinteita, lannan vaikutuksen edellytyksenä oleva hajaantuminen on maan tiiviyden vuoksi hidasta ja lisäksi vielä satotulokset riippuvat erittäin suuressa määrässä maan kosteussuhteista. Ne taas riippuvat paitsi kasvukauden sääsuhteista myös siitä, miten on onnistuttu kevätmuokkauksessa ja kylvötöissä; asioita, joista ei ole mahdollista saada riittävästi tietoja. Kun lannan vaikutuksesta tulee valtaosa rukiin ja lantun kohdalle, riippuvat lannan vaikutusluvut ratkaisevasti näiden kasvien menestymisestä, ja juuri mainittujen kasvien kohdalla sattuu poikkeuksellisia tuloksia pakosta useammin kuin muiden kokeessa käytettyjen kasvien kohdalla. Näistä syistä on ymmärrettävää, että lannan vaikutuksessa esiintyy paljon epäsäännöllisyyksiä. Laadultaan lanta on ollut tavallista olkilantaa, eikä aina riittävästi palanutta.

Kokeen karjanlannan kohdalla antamien tulosten perusteella on siten vaikea sanoa, mikä väkilannoitelannoitus olisi sopivin lannan täydentämiseen, mutta kun otetaan huomioon myös eri väkilannoiteyhdistelmien antamat tulokset, taul. 18, päädytään siihen, että tällä maalla typpilannoitus on karjanlannan ohellakin antanut parhaat vaikutukset, fosforilannoitus selvästi huonommat ja kalilannoitus ei ole antanut mitään vaikutuksia, jos karjanlantaa on käytetty.

f. Satotaso kokeen eri jaksoina

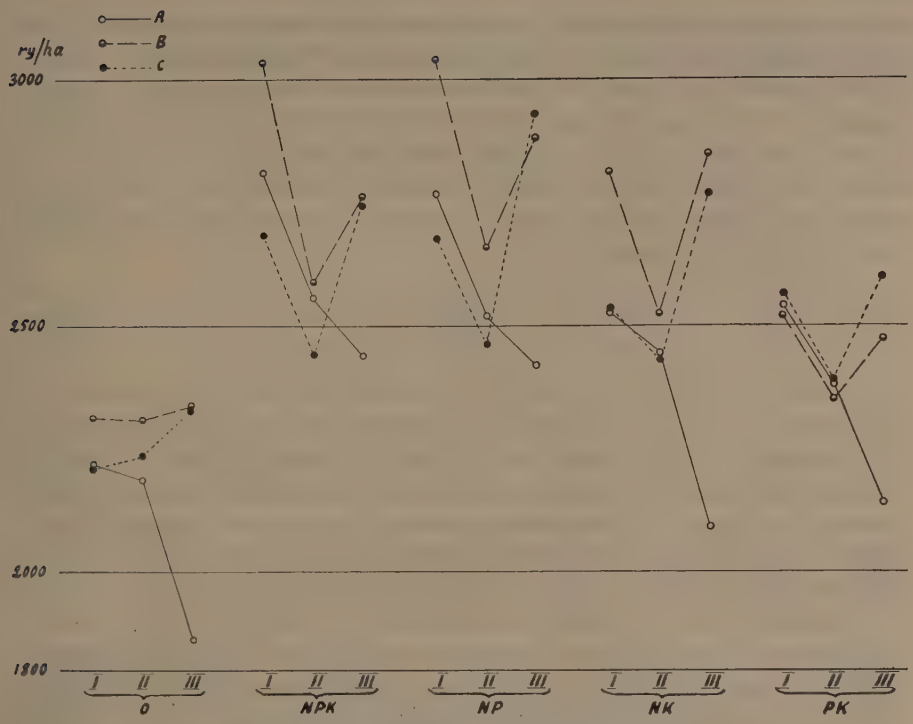
Vertailemalla satotasoa kahden toisiinsa rinnastettavissa olevan koejakson I ja III aikana voidaan saada käsitys siitä, miten eri lannoitustavat ovat vaikuttaneet maan kasvukuntoon, näkökohta, jolla on hyvin suuri merkitys, mutta johon on yleensä vaikea saada valaistusta. Näiden kahden koejakson vertailu on tehty siten, että on laskettu kummankin aikana saatujen ry-satojen erotukset. Jotta luvut olisivat havainnollisempia, on käytetty vuotuisia keskiarvoja. Luvut nähdään taulukosta 24.

Taulukko 24. Satotaso eri koejäsenillä jaksoina I (1929—36) ja III (1946—53) ry/ha v:ssa

Table 24. Level of yields in phases I (1929—36) and III (1946—53), f. u. per ha. per year

	Koejäsenet *Treatments*	Keskim. sato jaksona I (1929—36) *Aver. yield in phase I*	Keskim. sato jaksona III (1946-53) *Aver. yield in phase III*	Erotus — = I korkeampi + = III » *Difference — = I higher + = III »*
A	0	2219	1861	—358
	NPK	2811	2439	—372
	NP	2767	2420	—347
	NK	2530	2094	—436
	PK	2543	2143	—400
Keskim. A ..... *Aver. A*		2574	2191	—383
B	0	2311	2339	+ 28
	NPK	3064	2760	—304
	NP	3040	2880	—160
	NK	2811	2849	+ 38
	PK	2520	2473	— 47
Keskim. B ..... *Aver. B*		2749	2660	— 89
C	0	2210	2337	+127
	NPK	2684	2746	+ 62
	NP	2677	2930	+253
	NK	2534	2766	+232
	PK	2564	2599	+ 35
Keskim. C ..... *Aver. C*		2534	2675	+141
ABC	0	2247	2179	— 68
	NPK	2853	2648	—205
	NP	2828	2743	— 85
	NK	2625	2570	— 55
	PK	2542	2405	—137
Keskim. kaikilla koejäsenillä ..... *Aver. for all treatments*		2619	2509	—110

me	*	104
L.S.D.	**	143
	***	197



Kuva 11. Satotaso eri koejaksoina ry/ha.
Figure 11. Level of yields in the different phases of the experiment, f.u. per ha.

Paitsi tässä taulukossa esitetään eri jaksoina saadut keskimääräiset sadot ry/ha myös kuvassa 11, johon on merkitty myös jakson II tiedot. Niihin on kuitenkin suhtauduttava edellä mainituin varauksin.

Voidaan todeta, että koejäsenryhmässä A on satotason aleneminen ollut kauttaaltaan suuri. Pienin se on ollut väkilannoitejäsenessä NP ja suurin jäsenissä NK ja PK. Koelannoitukset ovat olleet riittämättömät typen ja fosforin suhteen (vert. s. 49 ravinnetaseet); jos jompikumpi on kokonaan puuttunut, on satotason lasku ollut vieläkin jyrkempi kuin kokonaan lannoittamattomassa, jossa lähtöarvokin (jakso I) on ollut alempi.

Koejäsenryhmissä B ja C, joissa on käytetty karjanlantaa, ei satotason aleneminen ole läheskään yhtä suurta, voidaanpa todeta jopa melkoista nousuakin, kuten ryhmässä C kauttaaltaan. Kiintoisa on B- ja C-ryhmissä koejäsenessä 0 (= ilman väkil.) todettavissa oleva satotason samana säilyminen tai nousu. Se viittaa siihen, että käytetyssä lantamäärässä on tullut ao. satotasoa vastaava ravinnemäärä.

Hyvin kiintoisa on koejäsenryhmässä C todettavissa oleva koekauden aikana tapahtunut satotason nousu. Jo useassa yhteydessä on pantu mer-

kille, että lannankäyttötapa C on ollut teholtaan huonompi kuin B. Huonommuus rajoittuu kuitenkin vain jaksoihin I ja II, sillä jakson III aikana C:n satotaso on joko sama tai parempi kuin B:n. Siten näyttäisi siltä, että lannankäyttötavassa C lannan vaikutus on paljon hitaampi kuin tavassa B. Se, että tavassa C on tullut hieman enemmän ravinteita maahan (taul. 2), ei riitä selittämään tätä eroa. Yhtenä mahdollisena selityksenä, joka sekään tuskin on riittävä, olisi ryhmässä C ilmenevä lannan edullinen vaikutus maan fysikaaliseen tilaan, taul. 46.

g. Väkilannoitteiden vaikutus verrattuna karjanlannan vaikutukseen

Kokeessa on koejäseniä, joille on annettu pelkästään karjanlantaa, ja koejäseniä, joille on annettu vain väkilannoitteita. Niillä saatuja tuloksia on kiintoisaa verrata toisiinsa, joskin vertailua vaikeuttaa se, että annetut ravinnemäärät eivät ole samat, kun koe ei ole suunniteltu tällaista vertailua varten. Taulukossa 25 nähdään annetut ravinnemäärät ja saadut keskimääräiset sadot ry/ha koejaksoilta I ja III sekä koko koeajalta niiltä koejäseniltä, joiden kesken tällainen vertailu lähinnä on mahdollinen.

Väkilannoitteissa on annettu typpeä vain 27—28 % ja kalia 71—76 % niistä määristä, mitä on tullut lannassa, mutta fosforia 192—202 % lannassa tulleista määristä. Vertailu on siten ravinnemäärien suurten erojen vuoksi vaikeaa. Lannan vaikutus jää varsinkin jakson I aikana hyvin paljon huonommaksi kuin väkilannoitteiden, mutta jakson III aikana ero ei ole varsin suuri.

Lannan huonompi vaikutus ei voine johtua siitä, että siinä on fosforia tullut vähemmän kuin väkilannoitteissa, kun fosforilla ei koemaassa ole suurta vaikutusta, vaan todennäköisesti huono vaikutus on yhteydessä typen kanssa. Lannan koko typpimäärät ovat hyvin paljon suuremmat kuin väkilannoitteissa annetut ja liukoisen typen määrät ovat analyysien mukaan lähes samat. Selityksenä voi tuskin olla muu kuin se, että lannan ammoniakkitypessä on käytössä tullut suuria tappioita.

h. Tulokset verrattuina muiden saman suunnitelman mukaan järjestettyjen kokeiden tuloksiin

Vähän myöhemmin kuin Mustialassa pantiin vastaavanlaisia kokeita alkuun eräillä muillakin kiinteillä koekentillä ja Pohjois-Savon koeasemalla. Viimemainitulla koeasemalla 1932 aloitettua koetta lukuun ottamatta nämä on kuitenkin pitänyt lopettaa, ennen kuin kokeen on voitu katsoa vastanneen koekysymyksiin. Kun niistä on kuitenkin useiden vuosien tulokset, on paikallaan verrata niitä Mustialan kokeen tuloksiin. Nämä kokeet ovat:

Taulukko 25. Lannoituksessa annetut ravinnemäärät kg/ha ja keskimääräiset vuotuiset sadot ja sadonlisäykset ry/ha

Table 25. Amounts of nutrients given in fertilizing, average yields and yield increases, f. u. per ha.

Koejäsen *Treatment*	Koejakson aikana ravinteita kg/ha *Nutrients during the experiment phase kg. per ha*				Vuotuinen *Annual*		
	N		P_2O_5	K_2O	sato ry/ha *yield*	sad. lis. ry/ha verr. A0 *incr. in yield comp. to A0*	sl. *rel.*
	kaikkiaan *total*	liuk. *available*					
			Koejakso I — *Phase I*				
A NPK	108.5	108.5	280	280	2 811	592	100
B 0	316	122	107	370	2 311	92	16
C 0	306	100	121	372	2 210	—9	—
			Koejakso III — *Phase III*				
A NPK	108.5	108.5	280	280	2 439	578	100
B 0	423	66	158	404	2 339	478	83
C 0	423	66	158	404	2 337	476	82
			Koko koeaika — *Whole experiment*				
A NPK	325.5	325.5	840	840	2 602	512	100
B 0	1 174	275	414	1 107	2 320	230	45
C 0	1 202	266	438	1 178	2 260	170	33

Kurkijoen koulutilalla vuosina 1930—38 käynnissä ollut koe savimaalla. Siinä olivat koekasveina kaura, kesanto, ruis, 3 nurmea, kaura, turnipsi ja kaura. Kun se oli käynnissä vuoden kauemmin kuin viljelyskierto kestää, tuli siinä sekä B- että C-koejäsenryhmissä annetuksi karjanlantaa 80 tn/ha.

Anjalan kartanossa Anjalassa vuosina 1931—37 käynnissä ollut koe savimaalla. Koekasvit olivat kaura, kesanto, ruis, 3 nurmea ja kaura. Koeaika ei käsitä edes yhtä viljelyskiertoa, ja siten käytetyt karjanlantamäärätkin ovat erilaiset B- ja C-koejäsenryhmissä: B-ryhmä ehti saada vain kesannolle annetun 30 tn/ha ja C-ryhmä sen lisäksi 3. v:n nurmea varten annetun 20 tn/ha, yhteensä 50 tn/ha.

Kolmas tässä mainittava ennen aikojaan keskeytynyt koe oli Kanneljärvellä Summan tilalla vuosina 1932—38 käynnissä ollut koe karkealla hietamaalla. Koekasveina ehti siinä olla 4 nurmea, kaura, peruna ja kevätvehnä. Siinä olivat käytetyt karjanlantamäärät samat sekä B- että C-koejäsenryhmissä, nimittäin 50 tn/ha kumpaisessakin.

Koeaikojen lyhyyden johdosta ei näiden kokeiden tuloksia käsitellä tässä yksityiskohtaisesti, vaan verrataan ainoastaan koko koeaikojen keskimääräisiä tuloksia Mustialan kokeen tuloksiin. Koemaiden ominaisuuksista nähdään taulukossa 37 tiedot kokeen alkaessa otetuista näytteistä.

Taulukosta 26 nähdään eri kokeissa ilman väkilannoitusta saadut keskimääräiset vuotuiset sadot ja eri väkilannoiteyhdistelmillä saadut sadonlisäykset kussakin koejäsenryhmässä sekä keskimäärin. Lannan vaikutusta

Taulukko 26 Eri kokeissa saatujen tulosten vertailu, luvut ry/ha vuotta kohti
Table 26. Comparison between results of different experiments, figures are f. u. per ha. per year

Koejäsenryhmä ja koejäsen *Treatments*			Koepaikka — *Locality of experiment* Mustiala 1929—53 savim.	Kurkijoki 1930—38 savim.	Anjala 1931—37 savim.	Kannel-järvi 1932—38 hietam.
A	0	keskim. sato — *aver. yield*	2090	2106	2603	2293
	NPK	keskim. sadonlis.—*aver. incr. in yield*	512	348	606	300
	NP	.....	479	226	655	106
	NK	.....	267	237	292	68
	PK	.....	266	111	348	—34
Keskim. sato A-ryhmässä ..... *Aver. yield in group A*			2395	2291	2983	2381
B	0	keskim. sato — *aver. yield*	2320	2180	2793	2298
	NPK	keskim. sadonlis.—*aver. incr. in yield*	484	263	555	446
	NP	.....	540	210	541	431
	NK	.....	408	154	288	392
	PK	.....	128	—21	237	410
Keskim. sato B-ryhmässä ..... *Aver. yield in group B*			2632	2301	3117	2634
Keskim. sadonlis. verr. A:han ..... *Aver. incr. in yield compared to A*			237	10	134[1])	253
C	0	keskim. sato — *aver. yield*	2260	2083	2679	2383
	NPK	keskim. sadonlis.—*aver. incr. in yield*	364	380	625	418
	NP	.....	430	261	622	371
	NK	.....	316	259	454	288
	PK	.....	257	134	374	236
Keskim. sato C-ryhmässä ..... *Aver. yield in group C*			2533	2290	3094	2646
Keskim. sadonlis. verr. A:han ..... *Aver. incr. in yield compared to A*			138	— 1	111[2])	265
ABC	0	keskim. sato — *aver. yield*	2223	2123	2692	2325
	NPK	keskim. sadonlis.—*aver. incr. in yield*	454	330	595	388
	NP	.....	483	232	606	302
	NK	.....	331	217	345	249
	PK	.....	217	75	320	202
Keskim. sato A-, B- ja C-ryhmissä ..... *Aver. yield in group A, B and C*			2520	2294	3065	2553
	me	*	88	107	222	137
	L.S.D.	**	117	144	316	183
		***	150	189	457	240

[1]) 30 tn/ha lantaa — *ton per ha. farmyard manure*
[2]) 50 tn/ha lantaa — *ton per ha. farmyard manure*

osoittavat luvut nähdään taulukosta 27, jossa vaikutus on ilmaistu keskim. ry/ha vuotta kohti ja, kun lantamäärät eri kokeissa ovat kokeen kestämisajasta riippuen erilaiset, vaikutus myös ry/tn lantaa. Taulukossa 28 nähdään eri ravinteiden vaikutukset laskettuna aikaisemmin (s. 15) mainitulla ns. suhteellisella laskutavalla.

Taulukko 27. Karjanlannan vaikutus eri kokeissa erilaisen väkilannoitelannoituksen ohella ry/ha ja ry/tn lantaa

Table 27. Effect of farmyard manure in different experiments with different fertilizer combinations, f. u. per ha. and f. u. per ton of manure

Väkilannoiteyhdistelmä *Fert. comb.*	Mustiala		Kurkijoki		Anjala		Kanneljärvi	
	keskim. v. *aver. in year*	ry/tn *f.u. per ton*	keskim. v. *aver. in year*	ry/tn *f.u. per ton*	keskim. v. *aver. in year*	ry/tn *f.u. per ton*	keskim. v. *aver. in year*	ry/tn *f.u. per ton*
Lannankäyttötapa B — *Manuring method B*								
0	230	20.1	74	7.4	190	38.1	5	0.8
NPK	202	17.7	—11	—1.1	139	27.7	151	21.4
NP	291	25.4	58	5.8	76	15.1	330	46.0
NK	371	32.5	— 9	—0.8	186	37.3	329	46.0
PK	92	8.0	—58	—5.8	79	16.9	449	62.8
keskim. B — *aver. B*	237	20.7	12	1.2	133	26.7	253	35.3
Lannankäyttötapa C — *Manuring method C*								
0	170	14.9	—23	—2.3	76	9.1	90	12.4
NPK	22	1.9	9	0.9	95	11.4	208	29.2
NP	121	10.5	12	1.2	43	5.1	355	49.6
NK	219	19.2	— 1	—0.1	238	28.6	310	43.4
PK	161	14.1	0	0.0	102	12.2	360	50.0
keskim. C — *aver. C*	138	12.1	— 1	—0.1	110	13.2	265	36.9

Satojen yleinen taso (taul. 26) on ollut korkein Anjalan kokeessa, seuraavina ja keskenään samanarvoisina ovat Mustialan ja Kanneljärven kokeet Kurkijoen kokeen jäädessä huonoimmaksi. Karjanlannan vaikutus (taul. 27) on ollut suurin Kanneljärven kokeessa, seuraavaksi tulee tässä suhteessa Anjalan koe, sitten Mustialan koe ja viimeisenä Kurkijoen koe, jossa omituista kyllä, lannalla ei ole ollut lainkaan vaikutusta. Lannan vaikutus on ollut pienenpuoleinen niissäkin kokeissa, joissa vaikutusta ilmenee. Molemmissa savimaan kokeissa, joissa lanta on vaikuttanut, voidaan vaikutustavassa todeta yhdenmukaisuutta. Esim. käyttötapa C on kummassakin selvästi huonompi kuin B. Hietamaassa näyttäisi lannan vaikutus olevan kauttaaltaan suurempi kuin savimaassa paitsi käytettäessä ilman väkilannoitteita, jolloin vaikutus hietamaassa jää hyvinkin huonoksi. Hietamaassa tulevat molemmat lannan käyttötavat B ja C suunnilleen samanarvoisiksi.

Väkilannoitteissa annettujen eri ravinteiden vaikutuksia eri tapauksissa esittävästä taulukosta 28 voidaan todeta, että vaikutukset yleensä ovat

olleet parhaat Anjalan kokeessa ja huonoimmat Kurkijoen kokeessa. Tämä koskee typen ja fosforin vaikutusta, kalin vaikutus on kaikissa savimaan kokeissa ollut aivan vähäinen. Suuri se ei ole ollut hietamaassakaan ja, mikä tuntuu oudolta, ilman karjanlantaa pienempi kuin lannan ohella. Hietamaalla näyttää väkilannoitteiden vaikutus kaikkiaan olevan parempi lantaa saaneilla koejäsenillä, kun savimaalla joko vaikutus on sama tai huononee lantaa saaneilla koejäsenillä.

Taulukko 28. Eri ravinteiden vaikutus eri kokeissa ry/ha vuotta kohti ja ry/kg ravinnetta

Table 28. Effect of different nutrients in different experiments, aver. in year and f. u. per kg. of nutrient

	Mustiala		Kurkijoki		Anjala		Kanneljärvi	
	yht. *total*	ry/kg *f.u. per kg*	yht. *total*	ry/kg *f.u. per kg*	yht. *total*	ry/kg *f.u. per kg*	yht. *total*	ry/kg *f.u. per kg*
A, ilman karjanlantaa — *Without manure*								
15.5 kg N kalkkisalp. ..... *nitr. of lime*	242	15.6	197	12.7	285	18.4	180	11.6
40 » P_2O_5 superf. ..... *superph.*	241	6.0	70	1.8	342	8.6	79	2.0
40 » K_2O 40 % kalis. ..... *mur. of potash*	29	0.7	81	2.0	—21	—0.5	41	1.0
yhteensä = NPK-lann. vaik. ..... *otal = effect of NPK fert.*	512	—	348	—	606	—	300	—
B, karjanlannan käyttötapa B — *Manuring B*								
15.5 kg N kalkkisalp. ..... *nitr. of lime*	392	25.3	223	14.4	303	19.5	150	9.7
40 » P_2O_5 superf. ..... *superph.*	112	2.8	48	1.2	252	6.3	167	4.2
40 » K_2O 40 % kalis. ..... *mur. of potash*	—20	—0.5	—8	—0.2	0	0.0	129	3.2
yhteensä = NPK-lann. vaik. ..... *total = effect of NPK fert.*	484	—	263	—	555	—	446	—
C, karjanlannan käyttötapa C — *Manuring C*								
15.5 kg N kalkkisalp. ..... *nitr. of lime*	198	12.8	211	13.6	317	20.5	201	13.0
40 » P_2O_5 superf. ..... *superph.*	140	3.5	86	2.2	238	5.0	150	3.8
40 » K_2O 40 % kalis. ..... *mur. of potash*	26	0.7	83	2.1	70	1.8	67	1.7
yhteensä = NPK-lann. vaik. ..... *total = effect of NPK fert.*	364	—	380	—	625	—	418	—
Keskim. eri koejäsenryhmissä, ABC — *Aver. ABC*								
15.5 kg N kalkkisalp. ..... *nitr. of lime*	278	17.9	209	13.4	302	19.5	179	11.5
40 » P_2O_5 superf. ..... *superph.*	164	4.1	68	1.7	277	6.9	131	3.3
40 » K_2O 40 % kalis. ..... *mur. of potash*	12	0.3	53	1.3	16	0.4	78	2.0
yhteensä = NPK-lann. vaik. ..... *total = effect of NPK fert.*	454	—	330	—	595	—	388	—

5. Satotuotteiden kasvinravinnepitoisuudet

Alkuperäiseen koesuunnitelmaan on kuulunut satojen ravinnepitoisuuksien tutkiminen. Näin on ollut tarkoituksena saada selvitystä 1) kuinka paljon kasvit ovat ottaneet ravinteita eri lähteistä, 2) mitä vaikutusta lannoituksella on ollut satojen kasvinravinnepitoisuuksiin. Näin saadaan myös mahdollisuus ravinnetaseiden laskemiseen, kun tunnetaan lannoituksessa annetut ja satojen sisältämät ravinnemäärät. Analysointeja ei valitettavasti ole voitu tehdä koko ajalta. Sota-ajalta, v:ilta 1940—44, ei ole voitu saada satonäytteitä, ja eräiden aikaisempien vuosien analyysitiedot ovat menneet pilalle näytteiden lähetyksessä tapahtuneiden sekaannusten vuoksi. Analyysit on tehty koejäsenittäin, jolloin aina neljän kerrannaisen näytteet on yhdistetty.

a. Analyyseissä käytetyt menetelmät

Aikaisemmista kuin v:n 1939 näytteistä on määritetty vain typpi, fosfori ja kali. Määritysmenetelmät ovat olleet maanviljelyskemian ja -fysiikan osastolla siihen aikaan käytetyt (Tuorila ja Teräsvuori 1932). Vuoden 1939 ja sitä myöhemmistä näytteistä tehdyissä analyyseissä on käytetty osittain toisia menettelytapoja. Nurmien sadoista on määritetty edellisten lisäksi myös kalsium, magnesium ja natrium. Analyyseissä, jotka ovat suorittaneet dipl. ins. E. Barkoff, maat. ja metsät. kand. M. Yläinen ja nti A. Hintikka, on käytetty seuraavia menetelmiä.

Typpi: tavanomainen Kjeldahl-käsittely.

Muut aineet: näyte on poltettu tuhkaksi 600°:n lämmössä sähköuunissa, tuhka uutettu suolahapolla ja uutteesta määritetty eri aineet.

Fosfori: kolorimetrinen määritys ns. vanadaattimenetelmällä (Gericke und Kurmies 1952).

Kalium ja natrium: määritys liekkifotometrillä.

Kalsium ja magnesium: ns. versenaattititraus (Cheng and Bray 1951). Kun tuhkauutteissa on runsaasti fosforia, joka haittaa titrausta, on se poistettu valuttamalla tutkittava uute anioninvaihtajalla »Permutit ES» täytetyn kolonnin läpi (Hahn, Backer and Backer 1953).

b. Satojen kasvinravinnepitoisuudet

Nurmien heinäsadoista on analyysitiedot vuosilta 1939, 1945—47 ja 1953, siis kaikkiaan 5 vuodelta. Kun on kysymyksessä eri-ikäiset nurmet ja eri kasvukaudet, on analyysiluvuissa melkoista vaihtelua eri vuosien kesken. Siitä saa käsityksen taulukosta 29, jossa on kaikkien koejäsenten keskiarvot eri vuosilta. Voidaan todeta, että vaihtelut eri vuosien kesken ovat hyvin suuret. Vuotuisvaihteluun vaikuttaa eniten nurmen perustamisesta, iästä ym. tekijöistä riippuva apilapitoisuus, joskin on tietenkin mahdollista, että myös saman kasvilajin ravinnepitoisuudessa voi olla vaihteluja vuodesta toiseen.

Taulukko 29. Heinäsatojen kasvinravinnepitoisuudet eri vuosina g/kg k.a. kaikista koejäsenistä laskettuina keskiarvoina

Table 29. Amounts of nutrients in the yields of leys in different years as averages of all treatments, g. per kg. dry matter

		—39 4. nurmi *4th ley*	—45 1. nurmi *1st ley*	—46 2. nurmi *2nd ley*	—47 3. nurmi *3rd ley*	—53 1. nurmi *1st ley*	keskim. *aver.*
Typpi	N	11.8	18.3	14.9	12.6	10.1	13.5
Fosf. happo	P_2O_5.....	3.9	4.4	4.1	4.2	3.7	4.1
Kali	K_2O	17.5	30.6	27.5	21.5	19.1	23.2
Kalkki	CaO	3.8	9.7	7.9	4.2	6.5	6.4
Magneesia	MgO	2.7	4.8	4.4	3.1	3.3	3.7
Natron	Na_2O	0.6	0.7	0.6	1.0	0.3	0.6

Eri koejäsenien keskiarvot nähdään taulukosta 30. Vaikka vuotuisvaihtelu onkin suuri, on eri koejäsenten välillä kuitenkin muutamia merkitseviä eroja. Siten esim. typpipitoisuudesta voidaan todeta, että kaikki lannoitus on sitä alentanut, mikä johtuu apilapitoisuuden vähenemisestä, s. 16. Tilastollinen merkitsevyys tulee kuitenkin vain NP-lannoituksen vaikutukselle. Fosforin suhteen ei ole tällaista kautta linjan tapahtuvaa alenemista todettavissa, mutta lannoitus NK on kuitenkin tilastollisella varmuudella aiheuttanut alemman fosforipitoisuuden kuin muut. Kalipitoisuutta näyttää sekä karjanlanta että kalilannoitus lisäävän, mutta suuren vuotuisvaihtelun vuoksi erot eivät ole varmat.

Kaura ja hernekaura. Kauran sadoista on analyysit v:lta 1931 ja —48 ja hernekauran v:lta 1933 ja —50. Kummankin jyväsadoista lasketut keskiarvot nähdään rinnakkain taulukossa 31. Kuten voidaan todeta, vain typpipitoisuudessa on eroa sikäli, että hernekauran jyväsato on sisältänyt n. 20 % enemmän typpeä kuin kauran. Määritysten harvalukuisuuden vuoksi aineistoa ei ole käsitelty tilastollisesti, mutta näyttäisi siltä, että typpilannoitus on korottanut typpipitoisuutta ja kauralla enemmän kuin hernekauralla. Fosfori- ja kalipitoisuuksissa ei voi nähdä lannoitusten vaikutuksia.

Kauran olkisadosta on analyysitiedot v:lta 1931 ja —48 ja hernekauran vain v:lta 1950. Ne nähdään taulukossa 32. Näitäkään lukuja ei ole käsitelty tilastollisesti. Lannoitusten vaikutuksista on vaikea nähdä muuta, kuin että PK-lannoitus on nostanut olkisadon fosforipitoisuutta ja NP-lannoitus kauran sekä NK-lannoitus hernekauran olkien typpipitoisuutta. Kauran olkien fosforipitoisuus on erikoisen korkea.

Taulukko 30. Nurmien satojen keskimääräiset ravinnepitoisuudet g/kg kuiva-ainetta

Table 30. Average amounts of nutrients in the yields of leys, g. per kg. dry matter

		Typpi N g/kg	Fosforih. P_2O_5 g/kg	Kali K_2O g/kg	Kalkki CaO g/kg	Magneesia MgO g/kg	Natron Na_2O g/kg
A	0	14.5	4.0	21.0	7.2	3.6	0.6
	NPK	13.0	4.1	23.7	6.4	3.5	0.6
	NP	13.0	4.0	22.5	5.9	3.4	0.5
	NK	13.1	3.6	22.7	6.2	3.3	0.7
	PK	14.7	4.1	23.3	7.5	4.0	0.7
Keskim. A ..... *Aver. A*		13.7	4.0	22.7	6.6	3.6	0.6
B	0	14.4	4.2	24.2	7.5	4.2	0.6
	NPK	12.6	4.1	24.2	6.3	3.6	0.8
	NP	12.6	4.0	22.2	6.1	3.7	0.8
	NK	12.8	3.8	22.8	5.8	3.4	0.7
	PK	13.0	4.3	24.0	6.4	3.7	0.6
Keskim. B ..... *Aver. B*		13.1	4.1	23.5	6.4	3.7	0.7
C	0	14.9	4.0	23.5	6.8	4.1	0.7
	NPK	13.9	4.2	24.1	6.0	3.6	0.6
	NP	13.2	4.1	22.8	5.6	3.6	0.6
	NK	13.1	4.1	24.2	6.0	3.5	0.6
	PK	14.1	4.3	23.2	6.8	3.7	0.6
Keskim. C ..... *Aver. C*		13.8	4.2	23.6	6.2	3.7	0.6
ABC	0	14.6	4.1	22.9	7.2	4.0	0.6
	NPK	13.2	4.2	24.0	6.2	3.6	0.7
	NP	12.9	4.1	22.5	5.9	3.6	0.6
	NK	13.0	3.8	23.2	6.0	3.4	0.7
	PK	14.0	4.2	23.5	6.9	3.8	0.6
Keskim. koko kokeessa - *Aver. ABC*		13.5	4.1	23.2	6.4	3.7	0.6
me	*	1.6	0.3	2.1	1.1	0.4	
L.S.D.	**		0.4				

Taulukko 31. Kauran ja hernekauran jyväsadon kasvinravinnepitoisuudet g/kg k.a.

Table 31. Amounts of nutrients in the grain yields of oats and peas and oats, g. per kg. of dry matter

	Typpi N		Fosforih. P_2O_5		Kali K_2O	
	kaura *oats*	hernek. *peas and oats*	kaura *oats*	hernek. *peas and oats*	kaura *oats*	hernek. *peas and oats*
ABC 0	18.2	22.3	9.5	7.9	6.2	6.2
NPK	19.0	22.5	9.5	8.0	6.2	6.3
NP	18.6	22.9	9.3	8.3	6.3	6.1
NK	18.7	22.9	9.6	8.3	6.2	6.3
PK	18.5	22.1	9.5	8.5	6.3	6.1
keskim. ABC ... *aver. ABC*	18.6	22.5	9.5	8.2	6.2	6.2
Keskim. – *Aver.* A	18.7	22.2	9.4	8.3	6.3	6.0
» » B	18.8	23.0	9.6	7.9	6.2	6.3
» » C	18.1	22.3	9.4	8.5	6.1	6.2

Rukiin jyvistä ja oljista on analyysitiedot v:lta 1935 ja —52. Näiden keskiarvot esitetään taulukossa 33. Lannoitusten vaikutuksista voidaan panna merkille jyvien suhteen, että PK-lannoituksella on typpipitoisuus ja NK-lannoituksella fosforipitoisuus hieman alempi kuin muualla. Olkien kasvinravinnepitoisuuksissa on vaikea nähdä lannoitusten vaikutuksia.

Taulukko 32. Kauran ja hernekauran olkien kasvinravinnepitoisuudet g/kg k.a.

Table 32. Amounts of nutrients in the straw of oats and peas and oats, g. per kg. dry matter

	Typpi N		Fosforih. P_2O_5		Kali K_2O	
	kaura *oats*	hernek. *peas and oats*	kaura *oats*	hernek. *peas and oats*	kaura *oats*	hernek. *peas and oats*
ABC 0	4.9	5.3	3.9	1.8	22.4	19.4
NPK	5.0	(5.1)	3.4	1.9	25.1	21.4
NP	5.4	5.2	3.6	1.9	25.3	23.5
NK	5.3	7.3	3.7	1.8	25.0	24.6
PK	5.0	5.1	4.0	2.4	23.6	21.5
keskim. ABC ... *aver. ABC*	5.1	(5.7)	3.7	2.0	24.3	22.1
Keskim. – *Aver.* A	5.0	6.0	3.8	1.7	25.0	20.7
» » B	5.1	5.6	3.5	2.0	24.1	22.3
» » C	5.3	(5.1)	3.9	2.1	23.7	23.2

Taulukko 33. Rukiin jyvien ja olkien kasvinravinnepitoisuudet g/kg k.a.
Table 33. Amounts of nutrients in the grain and straw of rye, g. per kg. dry matter

	Jyvät — *Grain*			Oljet — *Straw*		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
ABC 0	19.7	8.2	5.9	3.6	1.4	7.4
NPK	19.1	8.4	6.0	3.9	1.4	7.8
NP	19.2	8.7	6.1	4.0	1.4	8.3
NK	19.7	7.9	5.9	4.0	1.3	8.8
PK	18.7	8.7	6.1	4.0	1.2	7.8
keskim. ABC ... *aver. ABC*	19.3	8.4	6.0	3.9	1.4	8.0
Keskim. – *Aver.* A	20.0	8.3	6.1	3.8	1.4	7.7
» » B	18.8	8.4	5.9	4.0	1.3	8.1
» » C	19.0	8.4	5.9	3.9	1.4	8.2

Lantun sadoista on analyysitiedot vain v:n —49 juurisadoista. Keskiarvot esitetään taulukossa 34.

Taulukko 34. Lantun juurten kasvinravinnepitoisuus g/kg k.a.
Table 34. Amounts of nutrients in the roots of swedes, g. per kg. of dry matter

	Typpi N	Fosf.h. P_2O_5	Kali K_2O
ABC 0	17.5	4.9	34.1
NPK	17.6	6.2	33.9
NP	17.7	5.3	32.7
NK	18.4	4.6	33.9
PK	15.5	6.0	33.7
keskim. ABC .. *aver. ABC*	17.3	5.4	33.6
Keskim. A	19.3	3.9	33.0
Aver. B	16.8	5.9	34.1
C	16.0	6.4	33.7

6. Arvio lannoitteissa annettujen ravinteiden hyväksikäyttömääristä

On tunnettua, että kasvit eivät koskaan voi käyttää lannoituksessa annettua koko ravinnemäärää. Käyttösuhde on eri ravinteissa erilainen: sopivin määrin annetun typen ja kalin kasvit voivat yleensä ottaa paljon tarkemmin kuin fosforin. Hyvin paljon vaikuttaa myös sen lannoitteen laatu, jossa ao. ravinne annetaan. Erityisen kiintoisa on tässä suhteessa

karjanlannan ravinteiden käyttökelpoisuus, mistä on verraten vähän tutkimustuloksia. Huomattavimpia niistä ovat IVERSENin (1943) julkaisemat. Myös WAGNER (1915) on tehnyt useita tätä asiaa koskevia laskelmia. Mainituissa tutkimuksissa, jotka on suoritettu hieta- tai hietavaltaisilla mailla, on saatu yleensä korkeita hyväksikäyttöprosentteja: typelle karjanlannassa n. 30 ja väkilannoitteissa n. 70, fosforihapolle sekä karjanlannassa että väkilannoitteissa n. 20 ja kalille samaten sekä karjanlannassa että väkilannoitteissa 70—80.

Tarkasteltavana olevan kokeen suunnittelussa on pidetty tärkeänä näkökohtana sitä, että voidaan selvittää mitkä osat satojen sisältämistä ravinnemääristä ovat peräisin maasta, karjanlannasta ja väkilannoitteista. Selvitys voidaan tässä yhteydessä tehdä vain siten, että eri koejäsenillä todettuja ravinnemääriä verrataan toisiinsa. Jotta laskelmissa päästäisiin tyydyttävään tarkkuuteen, pitäisi olla täsmälliset tiedot sekä lannoituksessa annetuista että satojen sisältämistä ravinnemääristä. Aineistosta ei kuitenkaan saada kaikkia tietoja, mutta aukkojen täyttämiseen voidaan käyttää keskiarvoja muiden paitsi lantun naattien kohdalla, joiden suhteen analyysien puuttuessa täytyy turvautua kalenterilukuihin. Näin on mahdollista laskea satojen suunnilleen sisältämät ravinnemäärät. Lukuihin sisältyy kylläkin epävarmuutta, mutta tuskin ratkaisevassa määrässä. Nämä laskelmat on tehty koko koeajalta, ja niissä saadut luvut nähdään taulukosta 35, johon on merkitty myös lannoituksissa annetut ravinnemäärät. Samassa taulukossa on suoritettu laskelmat siitä, paljonko sadot ovat todennäköisesti ottaneet ravinteita maasta, karjanlannasta ja väkilannoitteista. Laskutapa vastaa sitä, mitä edellä on käytetty eri lannoitusten antamien sadonlisäysten laskemisessa. On oletettu, että kasvi lannoituksen ohellakin ottaisi jotakin ravinnetta maasta saman määrän kuin ilman lannoitusta. Tämä ei tietenkään voi täysin pitää paikkaansa, minkä vuoksi taulukkoon on pantu sarake »erotus», johon tulee luku, joka tarvitaan, jotta eri osista yhteenlaskien saataisiin koekauden aikainen ravinteiden kokonaismäärä. Useissa tapauksissa tämä erotus on maasta otettu, mutta todennäköisesti ei aina. Erotus voi muutamissa tapauksissa olla negatiivinenkin, kun on kysymyksessä koejäsen, jolle on annettu sekä karjanlantaa että väkilannoitteita. Mitä se silloin pohjaltaan merkitsisi, ei ole mitenkään selvää. Voidaan ehkä ajatella, että silloin olisi kysymyksessä lannoitteiden negatiivinen yhdistelmävaikutus. Joka tapauksessa on lukuja tarkasteltava arviolukuina, joihin sisältyy epävarmuutta, jonka määrästä mainittu »erotus» antanee käsityksen.

Typen suhteen on todettava, että karjanlannan typpi on kovin pienessä määrässä tullut hyväksikäytetyksi, esiintyypä seassa muutama negatiivinenkin luku. Huono hyväksikäyttö merkitsee tietenkin samaa kuin lannan huono satoja lisäävä vaikutus. Heikonpuoleiseksi jää väkilannoitetypenkin

käyttöprosentti, sillä keskimäärin vain vajaa puolet on tullut satoihin siitä huolimatta, että käytetyt määrät ovat olleet kovin pienet.

Fosforinkin hyväksikäyttö on ollut pienempää kuin vastaavissa muissa tutkimuksissa, mutta erotus ei ole niin suuri kuin typen kohdalla. Fosforin vaikutus eri tapauksissa on ollut paljon tasaisempaa kuin typen, esim. negatiivisia arvoja ei esiinny. Karjanlannan fosforin käyttöprosentti on erittäin kiintoisa. Aikaisemmin on useassa yhteydessä huomautettu, että lannan fosforivaikutus on ollut hyvä. Erityisesti se tulee näkyviin NK-väkilannoituksen ohella. Superfosfaatin fosforin käyttöprosentti jää keskimäärin alemmaksi kuin karjanlannan fosforin, mikä on jossain määrin yllättävää, joskin vastaavaa ilmenee esim. WAGNERin (1915, s. 507) tutkimuksessa.

*Kalin*kin käyttöprosentit jäävät alhaisiksi, mikä on ymmärrettävää sen vuoksi, että maa ei ole ollut kalilannoituksen tarpeessa. Väkilannoitekali on kauttaaltaan tullut paljon paremmin kasvien käyttöön kuin karjanlannan kali.

Edellä olevan laskelman perusteella voidaan tehdä myös arvio siitä, missä suhteissa *sadot* todennäköisesti ovat *ottaneet ravinteita eri lähteistä*, taulukko 36. Luvut esitetään vain niistä koejäsenistä, joissa lannoituksessa on annettu ao. ravinnetta. Tässäkin laskelmassa esiintyy B- ja C-ryhmissä epämääräinen »erotus», joka osoittanee arviointien epävarmuutta. Suurin tämä erotus on kalin ja pienin fosforin kohdalla.

Lukujen mukaan muodostavat maasta otetut ravinnemäärät 70—80 % koko satojen ravinnemääristä niissäkin tapauksissa, joissa on annettu sekä karjanlantaa että väkilannoitteita, ja vielä suuremman osan, jos on käytetty vain väkilannoitteita. Väkilannoitteiden sisältämien ravinteiden osuus näyttää olevan suurempi täyslannoituksen (NPK) ollessa kysymyksessä kuin silloin kun on käytetty vain kahden lannoitelajin yhdistelmää. Karjanlannan ravinteiden osuutta ilmaisevat luvut vaihtelevat ilman mitään selvää suuntaa. Laskelma korostaa maan sisältämien ravinteiden suurta merkitystä savimaan viljelyksessä.

7. Ravinnetaseet eri koejäsenillä

Laskemalla lannoituksessa annettujen ja satojen ottamien ravinnemäärien erotukset voidaan saada käsitys siitä, onko maata viljelyksessä köyhdytetty vai rikastettu ravinteiden suhteen. Läheskään aukoton ravinnetilan selvitys ei tämä kuitenkaan voi olla, sillä siinä eivät tule mukaan huuhtoutumisen aiheuttamat tappiot, ravinteitten muuttuminen käyttökelvottomaan muotoon, ilman typen sitoutuminen yms., joita tässä tutkimuksessa ei ole yritetty selvittää.

Taulukko 35. Satojen koko koeaikana maasta, karjanlannasta ja väkilannoitteista ottamat ravinnemäärät ja eri ravinteiden todennäköiset hyväksikäyttöprosentit

Table 35. Amounts of nutrients taken by the crops from soil, from farmyard manure and from fertilizers, and the probable percentage utilization of different nutrients

Koejäsenet *Treatments*	Sadot sisältävät kg *Contained in crop kg.*	Lannoitteissa annettu kg *Given in fertilizing by*		Sadot ottaneet kg *Uptake by crops kg.*				Käyttöprosentti *Percentage utilization*	
		k.lann. *farmy. manure*	väkil. *fertilizers*	maasta *from soil*	k.-lannasta *from farmy. manure*	väkilann. *from fertilizers*	erotus *difference*	k.lann. *farmy. manure*	väkil. *fertilizers*
				Typpi — *Nitrogen*					
A 0	1 063	—	—	1 063	—	—	—	—	—
NPK	1 260	—	326	»	—	197	—	—	60.4
NP	1 219	—	»	»	—	156	—	—	47.9
NK	1 181	—	»	»	—	118	—	—	36.2
PK	1 196	—	—	»	—	—	133	—	—
Keskim. A — *Aver. A*	—	—	—	—	—	—	—	—	48.2
B 0	1 142	1 174	—	1 063	79	—	—	6.7	—
NPK	1 301	»	326	»	41	159	38	3.5	48.8
NP	1 337	»	»	»	118	195	— 37	10.1	59.8
NK	1 279	»	»	»	98	137	— 19	8.3	42.0
PK	1 127	»	—	»	— 69	—	133	— 5.9	—
Keskim. B — *Aver. B*	—	—	—	—	—	—	—	4.5	50.4
C 0	1 118	1 202	—	1 063	55	—	—	4.6	—
NPK	1 242	»	326	»	— 18	124	73	— 1.5	38.0
NP	1 256	»	»	»	37	138	18	3.1	42.3
NK	1 208	»	»	»	27	90	28	2.2	27.6
PK	1 208	»	—	»	12	—	133	1.0	—
Keskim. C — *Aver. C*	—	—	—	—	—	—	—	1.9	36.0
Kesk. ABC — *Aver. ABC*	—	—	—	—	—	—	—	3.2	44.9
				Fosforihappo — *Phosphoric acid*					
A 0	362	—	—	362	—	—	—	—	—
NPK	449	—	840	»	—	87	—	—	10.4
NP	439	—	»	»	—	77	—	—	9.2
NK	380	—	—	»	—	—	18	—	—
PK	426	—	840	»	—	64	—	—	7.6
Keskim. A — *Aver. A*	—	—	—	—	—	—	—	—	9.0
B 0	406	414	—	362	44	—	—	10.6	—
NPK	504	»	840	»	55	98	— 11	13.3	11.7
NP	499	»	»	»	60	93	— 16	14.5	11.1
NK	465	»	—	»	85	—	18	20.5	—
PK	447	»	840	»	21	41	23	5.1	4.9
Keskim. B — *Aver. B*	—	—	—	—	—	—	—	12.8	9.2
C 0	400	438	—	362	38	—	—	8.7	—
NPK	469	»	840	»	20	69	18	4.6	8.2
NP	490	»	»	»	51	90	— 13	11.6	10.7
NK	453	»	—	»	73	—	18	16.7	—
PK	474	»	840	»	48	74	— 10	11.0	8.8
Keskim. C — *Aver. C*	—	—	—	—	—	—	—	10.5	9.2
Kesk. ABC — *Aver. ABC*	—	—	—	—	—	—	—	11.6	9.2

Koejäsenet *Treatments*	Sadot sisältävät kg *Contained in crop kg.*	Lannoitteissa annettu kg *Given in fertilizing by*		Sadot ottaneet kg *Uptake by crops kg.*				Käyttöprosentti *Percentage utilization*	
		k.lann. *farmy. manure*	väkil. *fertilizers*	maasta *from soil*	k.-lannasta *from farmy. manure*	väkilann. *from fertilizers*	erotus *difference*	k.lann. *farmy. manure*	väkil. *fertilizers*
				Kali — *Potash*					
A 0	1 484	—	—	1 484	—	—	—	—	—
NPK	1 978	—	840	»	—	494	—	—	58.8
NP	1 843	—	—	»	—	—	359	—	—
NK	1 773	—	840	»	—	289	—	—	34.4
PK	1 756	—	»	»	—	272	—	—	32.4
Keskim. A — *Aver. A*	—	—	—	—	—	—	—	—	41.9
B 0	1 680	1 107	—	1 484	196	—	—	17.7	—
NPK	2 093	»	840	»	115	413	81	10.4	49.2
NP	2 123	»	—	»	280	—	359	25.3	—
NK	1 987	»	840	»	214	307	— 18	19.3	36.5
PK	1 793	»	»	»	37	113	159	3.3	13.5
Keskim. B — *Aver. B*	—	—	—	—	—	—	—	15.2	33.1
C 0	1 603	1 187	—	1 484	119	—	—	10.0	—
NPK	2 001	»	840	»	23	398	96	1.9	47.4
NP	1 970	»	—	»	127	—	359	10.7	—
NK	2 027	»	840	»	254	424	—135	21.4	50.5
PK	1 871	»	»	»	115	268	4	9.7	31.9
Keskim. C — *Aver. C*	—	—	—	—	—	—	—	10.7	43.3
Kesk. ABC — *Aver. ABC*	—	—	—	—	—	—	—	12.9	39.4

Ravinnetaseen laskemisessa tunnetaan annetut määrät tarkemmin, erityisesti väkilannoitteitten suhteen, kun taas karjanlannan kohdalla on parina kertana täytynyt turvautua arviolukuihin (s. 7). Satojen sisältämät ravinteet on voitu laskea suoraan niissä tapauksissa, joissa on ollut analyysitiedot. Niiden puuttuessa on sovellettu tehdyistä analyyseista laskettuja keskiarvoja, ja sellaisten kuin lantun naattien suhteen, joista ei ole lainkaan analyyseja, on turvauduttu kalenterilukuihin.

Annettujen ravinnemäärien ja satojen sisältämien määrien erot koko koekaudelta (v:lta 1929—53), ns. »ravinnetaseet», nähdään taulukosta 37.

Niukalla lannoituksella saadaan pienet sadot, joissa on myös vähän kasvinravinteita. Siten edellä selostettu ravinnetaseiden laskeminen ei oikeastaan voi osoittaa, onko lannoitus ollut riittävä. Riittävä lannoitus on sellainen, joka tekee ko. olosuhteissa ravinteitten kannalta mahdolliseksi niin korkeat sadot kuin muut, yleislaatuiset kasvutekijät, esim. vesi, lämpötila yms., myöten antavat. Lopuksi sopivan lannoituksen määrittelyyn

Taulukko 36. Arvio satojen eri lähteistä ottamista suhteellisista ravinnemääristä

Table 36. Estimation of the relative amounts of nutrients taken by crops from different sources

Väkilannoite-yhdistelmä *Treatment*	Typpi — *Nitrogen*				Fosfori — *Phosphoric acid*					Kali — *Potash*				
	sadon sis. määrästä otettu % *percentage taken from*				väkilann. yhdistelmä *treatment*	sadon sis. määrästä otettu % *percentage taken from*				väkilann. yhdistelmä *treatment*	sadon sis. määrästä otettu % *percentage taken from*			
	maasta *soil*	karj.-lann. *farmy. man.*	väkilann. *fertilizers*	erotus *difference*		maasta *soil*	karj.-lann. *farmy. man.*	väkilann. *fertilizers*	erotus *difference*		maasta *soil*	karj.-lann. *farmy. man.*	väkilann. *fertilizers*	erotus *difference*
Koejäsenryhmä A — *Treatment group A*														
NPK	84.4	—	15.6	—	NPK	80.6	—	19.4	—	NPK	75.0	—	25.0	—
NP	87.2	—	12.8	—	NP	82.5	—	17.5	—	NK	83.7	—	16.3	—
NK	90.0	—	10.0	—	PK	85.0	—	15.0	—	PK	84.5	—	15.5	—
keskim. A *aver.*	87.2	—	12.8	—		82.7	—	17.3	—		81.1	—	18.9	—
Koejäsenryhmä B — *Treatment group B*														
NPK	81.7	3.2	12.2	2.9	NPK	71.9	10.9	19.4	—2.2	NPK	70.9	5.5	19.7	3.9
NP	79.5	8.8	14.6	—2.9	NP	72.5	12.1	18.6	—3.2	NK	74.7	10.8	15.4	—0.9
NK	83.0	7.7	10.9	—1.6	PK	81.0	4.7	9.2	5.1	PK	82.7	2.1	6.3	8.9
keskim. B *aver.*	81.4	6.6	12.6	—0.6		75.0	9.2	15.7	—0.1		76.1	6.1	13.8	4.0
Koejäsenryhmä C — *Treatment group C*														
NPK	85.5	—1.4	10.0	5.9	NPK	77.2	4.3	14.7	3.8	NPK	74.2	1.2	19.9	4.7
NP	84.7	2.9	11.0	1.4	NP	73.9	10.4	18.4	—2.7	NK	73.3	12.5	20.9	—6.7
NK	88.0	2.2	7.5	2.3	PK	76.4	10.1	15.6	—2.1	PK	79.3	6.2	14.3	0.2
keskim. C *aver.*	86.1	1.2	9.5	3.2		75.8	8.3	16.2	—0.3		75.6	6.6	18.4	—0.6

Taulukko 37. Koemaan ravinne-»taseet» kokeen päättyessä v. 1953 kg/ha
Table 37. Nutrient »balances» in experiment soil at the end of the experiment in 1953, kg. per ha.

		Typpi N	Fosfori P_2O_5	Kali K_2O
A	0	—1063	—362	—1484
	NPK	— 934	+391	—1138
	NP	— 893	+401	—1843
	NK	— 855	—380	— 933
	PK	—1196	+414	— 916
B	0	+ 32	+ 8	— 573
	NPK	+ 199	+750	— 146
	NP	+ 163	+755	—1016
	NK	+ 221	— 51	— 40
	PK	+ 47	+807	+ 154
C	0	+ 84	+ 38	— 416
	NPK	+ 286	+809	+ 26
	NP	+ 272	+788	— 783
	NK	+ 320	— 15	± 0
	PK	— 6	+804	+ 156

vaikuttavat vielä taloudelliset näkökohdat, joihin tässä ei puututa. Kaiken kaikkiaan ovat tässä kokeessa käytetyt väkilannoitemäärät niukat. Näin on asianlaita etenkin typen suhteen. Kokeen perustamisen aikoihin sellaisten määrien käyttö oli kuitenkin tavallista, eikä koesuunnitelmaa ole myöhemmin haluttu muuttaa, varsinkin kun on tahdottu saada näkyviin karjanlannan vaikutus. Joka tapauksessa on kiintoisaa todeta tällaisten melko niukkojen väkilannoitemäärien vaikutus yksin ja lannan ohella. Käytettyä karjanlantamäärää, 10 tn/ha vuotta kohti, on pidettävä runsaana, sillä meillä tavallisen kotieläinten ja peltoalan suhteen mukaan ei riitä näinkään paljoa lantaa käytettäväksi. Mainituilla taselaskelmilla on mahdollista saada vain käsitys siitä, onko lannoituksessa annettu ravinteita satojen sisältämiä määriä vastaavasti vai ei.

Koejäsenryhmässä A (ilman lantaa) on typen »ryöstö» kauttaaltaan ollut suuri, mutta kiloina vielä suuremmaksi muodostuu kuitenkin kalin ryöstö. Vain fosforin suhteen muodostuu tase selvästi positiiviseksi niissä tapauksissa, joissa fosforilannoitusta on annettu.

Karjanlantaa saaneissa B- ja C-ryhmissä muodostuvat taseet suuresti toisiaan muistuttaviksi ja eroavat vain siinä, että ryhmässä C taseiden positiivisuus on hieman suurempi pienempien satojen johdosta.

Näitä taselaskelmia käytetään myöhemmin hyväksi maan ravinnetilan tarkastelussa (s. 62).

8. Tutkimuksia koekentän maasta

Koekentän maasta on käytettävissä kokeen alkaessa 1929 otettu yleisnäyte sekä ruuduittain otetut näytteet vuosilta 1938 ja 1953. V:n 1929 yleisnäytteestä samoin kuin tässä lyhyesti selostetun kolmen muun koekentän maanäytteistä on analyysitiedot taulukossa 38. Vuosien 1938 ja —53 näytteistä on analyysit tehty erikseen jokaisen ruudun näytteestä, joten aineistoja on voitu käsitellä tilastollisesti samaan tapaan kuin satolukujakin.

Taulukko 38. Koemaista saatuja maa-analyysiarvoja kokeen alkaessa
Table 38. Soil analyses of experiment fields at the beginning of the experiments

	Mustiala 1929	Kurkijoki 1930	Anjala 1932	Kanneljärvi 1931
Humuspitoisuus % — *Humus*	6.5	5.0	7.0	6.4
Typpipitoisuus ‰ — *Total nitrogen*	2.7	2.7	2.8	2.4
C : N	13.9	10.7	14.5	15.5
pH, mitattu vedessä 1: 4 — *pH in water* .	5.4	6.1	5.0	5.4
» » 1 n.KCl 1: 4 — *pH in 1 N. KCl*	4.4	5.2	4.0	4.4
Vaihtuvat emäkset kg-ekv./ha: *Exchangeable bases kg. equiv. per ha.*				
kalsium — *calsium* »	224	363	163	87
magnesium — *magn.* »	156	176	65	37
kalium — *potassium* »	15	11	9	8
natrium — *sodium* »	14	6	5	4
yhteensä — *total* »	409	556	242	136
Happouutteen titraus kg/ekv./ha..... *Titration of soil acid extract kg. equiv. per ha.*	365	490	226	120
Vaihtuvaa kalkkia ($CaCO_3$) tn/ha ..... *Exchangeable calcium as $CaCO_3$ tons per ha.*	11.2	18.2	8.2	4.3
Vaihtuvaa kalia (K_2O) kg/ha..... *Exchangeable potassium as K_2O kg. per ha.*	726	529	424	356
Helposti liukenevaa fosforia (P_2O_5) kg/ha *Easily soluble phosphoric acid as P_2O_5 kg. per ha.*	156	934	136	321

a. Analyyseissä käytetyt menetelmät

Humusmääritykset on tehty Barkoffin (1954) kehittämällä dikromaattimenetelmän muunnoksella, jossa lopullinen määritys tehdään kolorimetrisesti.

Totaalityppi on tehty tavanmukaisella Kjeldahl poltolla (PIPER 1947, s. 200). *pH* on määritetty sekä vesiuutteesta 1: 4 että 1-n. KCl-uutteesta 1: 4.

Ravinnemääritykset on tehty uutteesta, joka on saatu siten, että maata ja 0.01-n. suolahappoa suhteessa 1: 25 on huiskutettu 3 t. Menettely on sama, jota TUORILA ja TERÄSVUORI (1933) ovat käyttäneet, mutta typpihappo on vaihdettu suolahapoksi ja on tehty vain yksi uutto. Lietoksen pH on mitattu ennen suodatusta, ja se oli aina joko tasan 2.5 tai hyvin lähellä sitä. Suodoksesta määritettiin titraamalla 0.01-n. NaOH:lla emäksen kulutus, josta voitiin laskea maan aiheuttama hapon neutraloituminen (= happouutteen titraus). Lisäksi uutteesta määritettiin kalium ja natrium liekkifotometrillä, kalsium ja magnesium ns. versenaattititrauksella (CHENG and BRAY 1951) ja fosfori tavanmukaisella kolorimetrisellä menetelmällä.

Maa-analyyseihin ovat osallistuneet dipl. ins. E. BARKOFF (humus, ravinneanalyysien valvonta), nti A. HINTIKKA (typpi), mmk. M. SILLANPÄÄ (ravinneanalyysit) ja tutk. apul. T. NISSI (muruanalyysit).

b. Humuspitoisuus

Tiedot maan humuspitoisuuksista v:na 1938 ja —53 nähdään taulukosta 39, johon on merkitty myös näiden vuosien väliset humuspitoisuuden erot. Humuspitoisuus on pysynyt samana koejäsenryhmässä A (= ilman karjanlantaa), mutta selvästi lisääntynyt ryhmissä B ja C, joihin tänä aikana on karjanlannassa tullut n. 30 tn/ha orgaanista ainetta. Lisäys on niin suuri,

Taulukko 39. Maan humuspitoisuus %
Table 39. Humus content of soil percent

		1938	1953	Lisäys + tai vähennys — *Increase + decrease —*
A	0	6.2	6.4	+0.2
	NPK	6.2	6.1	—0.1
	NP	6.3	6.3	±0.0
	NK	6.1	6.3	+0.2
	PK	6.2	6.4	+0.2
kesk. A *aver.*		6.2	6.3	+0.1
B	0	5.8	6.7	+0.9
	NPK	5.6	6.6	+1.0
	NP	5.5	6.1	+0.6
	NK	5.2	7.2	+2.0
	PK	6.4	7.3	+0.9
kesk. B		5.7	6.8	+1.1

C	0	6.0	6.9	+0.9
	NPK	5.9	6.9	+1.0
	NP	5.7	6.6	+0.9
	NK	5.9	6.6	+0.7
	PK	6.0	7.1	+1.1
kesk. C		5.9	6.8	+0.9
ABC	0	6.0	6.6	+0.6
	NPK	5.9	6.5	+0.6
	NP	5.8	6.3	+0.5
	NK	6.0	6.7	+0.7
	PK	6.0	6.9	+0.9
kesk. ABC		5.9	6.6	+0.7
me *			0.7	
L.S.D.				

että se on tilastollisesti merkitsevä. Se on myös niin suuri, n. 1 %, että lannan orgaanisesta aineesta ei ole voinut hävitä maassa kuin n. ⅓. Tulos poikkeaa melko paljon esim. eräässä Etelä-Pohjanmaan koeasemalla Ylistarossa suoritetussa kokeessa saadusta (Salonen ja Honkavaara 1954), jossa lähes vastaava lannan käyttö ei ollut nostanut maan humuspitoisuutta ja jossa ilman lantaa oli selvää vähenemistä. Mahdollisesti erilaisuus johtuu siitä, että Mustialassa koemaa on ollut paljon tiiviimpää kuin Ylistarossa.

c. Typpipitoisuus

Kokonaistypen määritykset on tehty vain koejäsenryhmistä A ja B, ja niiden tulokset nähdään taulukosta 40. Maan typpipitoisuudessa tulevat esille samantapaiset piirteet kuin humuspitoisuudessakin. Se on vähentynyt ilman karjanlannan käyttöä, joskaan erotus ei ole merkitsevä, ja lisääntynyt karjanlannan ansiosta, ja tämä lisääntyminen on myös merkitsevä. Samaan taulukkoon on merkitty myös hiilen ja typen suhde eri koejäsenissä. Näissä C: N-suhteissa ei ole johdonmukaisuutta nähtävissä, mutta tuntuisi siltä, että NK-lannoituksella olisi taipumus väljentää C: N -suhdetta.

d. Maan pH

Vuosien 1938 ja -53 maanäytteistä tehtyjen pH-mittausten tulokset esitetään taulukossa 41. Mittaukset on tehty sekä maanviljelyskemian ja -fysiikan osastolla yleisesti käytetyllä menetelmällä, jossa maata ja tislattua

vettä sekoitetaan suhteessa 1: 4, että erityisesti Saksassa mutta osittain muissakin maissa käytetyllä menetelmällä, jossa pelkän veden asemasta käytetään 1-n. KCl-liuosta.

KCl-liuosta käyttämällä on saatu hyvin paljon alempia arvoja kuin vesilietosta käyttämällä. Erotus on keskimäärin 1.5 pH-yksikköä. Vesilietoksesta saaduissa pH-arvoissa on usein paljon sattumanvaraista vaih-

Taulukko 40. Maan typpipitoisuus ‰ ja C: N
Table 40. Nitrogen content of soil ‰ and C: N ratio

		1938	C : N	1953	C : N	Lisäys + vähennys — *Increase + decrease —*
A	0	2.6	13.8	2.7	13.7	+0.1
	NPK	2.7	13.3	2.4	14.7	—0.3
	NP	2.8	13.0	2.5	14.6	—0.3
	NK	2.5	14.2	2.3	15.9	—0.2
	PK	2.6	13.8	2.5	14.8	—0.1
kesk. *aver.*	A	2.6	13.5	2.5	14.7	—0.1
B	0	2.6	12.9	2.9	13.4	+0.3
	NPK	2.2	14.8	2.6	14.7	+0.4
	NP	2.3	13.9	2.7	13.1	+0.4
	NK	2.4	12.6	2.7	15.5	+0.3
	PK	2.6	14.2	3.0	14.1	+0.4
kesk.	B	2.4	14.2	2.8	14.2	+0.4
AB	0	2.6		2.8		+0.2
	NPK	2.4		2.5		+0.1
	NP	2.5		2.6		+0.1
	NK	2.4		2.5		+0.1
	PK	2.6		2.7		+0.1
kesk.	AB	2.5		2.6		+0.1
me L.S.D.	*			0.4		

telua, josta mm. Tuorila (1945) ja Dorph-Petersen (1950) ovat huomauttaneet. Näiden lukujen mukaan näyttäisi, että lähes kauttaaltaan olisi tapahtunut happamuuden vähenemistä, mutta se ei voi olla todellista, sillä maalle ei ole annettu mitään neutraloivia aineita. On ilmeistä, että muutos on vain näennäistä ja aiheutuu pelkästään vedessä tehdyn pH-mittauksen epävarmuudesta. Toisen kuvan asiasta antavat

Taulukko 41. Maan pH

Table 41. pH of soil

		Mitattu vedessä 1 : 4 *Determined in water*			Mitattu 1-n. KCl:ssä 1 : 4 *Determined in 1 N. KCl*		
		1938	1953	nousu + lasku — *incr.* + *decr.* —	1938	1953	nousu + lasku — *incr.* + *decr.* —
A	0	5.9	6.0	+0.1	4.4	4.3	—0.1
	NPK	5.9	6.0	+0.1	4.5	4.4	—0.1
	NP	5.9	6.0	+0.1	4.5	4.3	—0.2
	NK	5.9	6.1	+0.2	4.5	4.3	—0.2
	PK	5.9	6.0	+0.1	4.4	4.3	—0.1
kesk. *aver.*	A	5.90	6.02	+0.12	4.44	4.33	—0.11
B	0	5.9	6.1	+0.2	4.4	4.5	+0.1
	NPK	5.9	6.0	+0.1	4.4	4.5	+0.1
	NP	5.9	6.0	+0.1	4.4	4.5	+0.1
	NK	6.0	6.0	±0.0	4.4	4.4	±0.0
	PK	6.0	6.1	+0.1	4.5	4.5	±0.0
kesk.	B	5.94	6.04	+0.10	4.43	4.49	+0.06
C	0	5.9	6.0	+0.1	4.4	4.4	±0.0
	NPK	5.9	6.1	+0.2	4.5	4.5	±0.0
	NP	5.9	6.1	+0.2	4.4	4.5	+0.1
	NK	6.1	6.1	±0.0	4.7	4.5	—0.2
	PK	6.0	6.0	±0.0	4.5	4.5	±0.0
kesk.	C	5.96	6.06	+0.10	4.48	4.50	+0.02
ABC	0	5.9	6.0	+0.1	4.4	4.4	±0.0
	NPK	5.9	6.0	+0.1	4.4	4.5	+0.1
	NP	5.9	6.0	+0.1	4.4	4.4	±0.0
	NK	6.0	6.1	+0.1	4.5	4.4	—0.1
	PK	6.0	6.0	±0.0	4.5	4.4	—0.1
kesk.	ABC	5.94	6.02	+0.08	4.45	4.44	—0.01
me	*				0.20	0.09	
L.S.D.	**					0.13	
	***					0.17	

KCl-liuoksesta tehdyt mittaukset. Niiden mukaan on koejäsenryhmässä A tapahtunut happamuuden lisääntymistä, joka on tilastollisesti merkitsevää.

Karjanlantaa saaneissa koejäsenryhmissä sen sijaan maan happamuus on joko pysynyt samana tai hieman vähentynyt, joskaan ei tilastollisella varmuudella.

e. Vaihtuvat emäkset

Kun maanäytteistä on tehty kaikkien tärkeiden kationien (kalsium, magnesium, kalium ja natrium) määritykset, saadaan niiden ekvivalenteissa lasketuista summista käsitys maan emästilasta ja siinä tapahtuneista muutoksista. Taulukossa 42 nähdään eri kationien määrät eri koejäsenissä kumpanakin vuotena sekä niiden summat. — Kalkin ja kalin määriä tarkastellaan tarkemmin myöhemmässä yhteydessä tonneina tai kiloina ha kohti.

Tässä voidaan panna merkille, että *kalsiumin* määrissä erot ovat vähäiset, mutta saavuttavat kuitenkin useissa tapauksissa merkitsevyyden rajan. Erityisesti kiinnittää huomiota kalsiummäärien lisääntyminen v:sta 1938. Se on kuitenkin siksi vähäistä, ettei saavuta merkitsevyysrajaa muuta kuin koejäsenryhmässä C. Näyttää siltä, että karjanlanta voi vaikuttaa lievästi maan kalkkipitoisuutta lisäävästi. Väkilannoitteiden käytöllä on ollut vaikutusta maan kalkkipitoisuuteen: NPK- ja PK-lannoitukset ovat sitä parantaneet, mutta NK-lannoituksella näyttää olevan päinvastainen vaikutus.

Magnesiumin määrät ovat runsaat, 130—150 kg-ekv./ha, ja ne tekevät keskim. 30—40 % maan koko emäsmäärästä. Tämä näyttää olevan yleistä Suomen savimaissa (Aarnio 1933). V:sta 1938 ovat magnesiumin määrät kauttaaltaan vähentyneet varsinkin koejäsenryhmässä A, jossa ei ole käytetty karjanlantaa. Karjanlantaa saaneissakin koejäsenissä on magnesiumin väheneminen merkitsevä, mikä on ymmärrettävä niin, että lannassa tullut magnesium ei ole korvannut satojen ottamia määriä. Eri väkilannoitusten kesken ei voi todeta eroja vaikutuksessa maan magnesiumiin.

Kaliumin suhteen tulee hyvin selvänä näkyviin karjanlannan vaikutus: A-koejäsenryhmässä on selvää, merkitsevää vähenemistä vuodesta 1938, kun taas B- ja C-ryhmissä on lisääntymistä. Väkilannoitusten vaikutus on myös selvä ja johdonmukainen sekä useimmissa tapauksissa merkitsevä.

Natriumin suhteen on todettava suuri häilähtelevyys, minkä johdosta suuretkaan erot eivät saa tilastollista merkitsevyyttä. Ainoastaan väheneminen v:sta 1938 saa merkitsevyyden. Natriumin määrät ovat suuria siihen nähden, että on kysymyksessä glasiaalinen maalaji.

Emästen summat ovat melkoisen suuret, mikä johtuu pääasiassa magnesiumin ja natriumin runsaudesta. Summissa on aikana 1938—53 lähes kauttaaltaan pientä vähenemistä, jossa voidaan todeta lannoitusten vaikutukset melko johdonmukaisina. Erityisesti on merkille pantava karjanlannan emästen määrää ylläpitävä vaikutus sekä NK-lannoituksen lievästi negatiivinen vaikutus.

Taulukkoon 42 on emästen summien rinnalle merkitty myös *happouutteen titrausten* antamat tulokset. Näiden kahden emästilan ilmaisutavan kesken voidaan todeta suuri yhdenmukaisuus. Erona on vain se, että titrauksen antamat arvot ovat n. 5 % alempia kuin emästen summat (Salonen ja Honkavaara 1954). Voidaan todeta, että yksinkertainen happouutteen titraus voi antaa tyydyttävän kuvan maan emästilasta.

Taulukko 42. Vaihtuvat kationit kg-ekv./ha 20 cm:n kerroksessa
Table 42. Exchangeable bases, kg.-equiv. per ha.

		Kalsium *Calcium*		Magnesium *Magnesium*		Kalium *Potassium*		Natrium *Sodium*		Yhteensä *Total bases*		Happouutteen titraus *Titration of soil acid extract*	
		38	53	38	53	38	53	38	53	38	53	38	53
A	0	197	198	148	124	10	7	23	13	378	342	355	328
	NPK	211	223	131	110	10	8	19	14	371	355	358	342
	NP	209	213	134	114	9	6	25	13	381	346	355	331
	NK	195	199	149	113	10	9	26	14	380	335	347	326
	PK	195	214	145	113	11	10	22	12	373	349	358	336
kesk. A *aver.*		201.4	209.4	141.4	114.8	10.0	8.0	23.8	13.2	376.6	345.4	354.6	332.6
B	0	197	210	143	133	11	13	26	15	377	371	361	358
	NPK	195	223	124	111	10	15	22	13	351	362	337	351
	NP	195	217	127	117	9	13	22	19	353	366	331	346
	NK	218	215	133	129	11	17	37	13	399	374	353	355
	PK	214	233	148	133	13	16	41	14	416	396	396	384
kesk. B		203.8	219.6	135.0	124.6	10.8	14.8	29.6	14.8	379.2	373.8	355.6	358.8
C	0	202	217	167	151	12	14	17	12	398	394	380	375
	NPK	208	240	159	145	11	15	29	13	407	413	384	392
	NP	210	239	158	146	10	14	21	14	399	413	385	387
	NK	193	212	156	136	12	17	59	13	420	378	383	358
	PK	218	237	146	130	12	18	29	13	405	398	379	381
kesk. C		206.2	229.0	157.2	141.6	11.4	15.6	31.0	13.0	405.8	399.2	382.2	378.6
ABC	0	199	208	153	134	11	11	21	16	384	369	365	354
	NPK	205	229	138	122	11	13	22	13	376	377	360	362
	NP	205	223	140	126	9	11	24	15	378	375	357	355
	NK	202	209	146	126	11	14	40	14	399	363	361	346
	PK	209	228	147	126	12	15	30	12	398	381	378	367
kesk. ABC		204.0	219.4	144.8	126.8	10.8	12.8	27.4	14.0	387.0	373.0	364.2	356.8
me	*	22	12	34	28	0.9	2.3	—	—	54	40	22	38
L.S.D.	**		16			1.3	3.1				54		52
	***		22			1.6	4.1						

f. Vaihtuva kalkki

Taulukosta 43 nähdään maan kalkkipitoisuus laskettuna tavanmukaisesti kalsiumkarbonaatiksi tn/ha 20 cm:n kerroksessa. Kuten nähdään, on vaihtuvan kalkin määrä maassa niukanlainen, varsinkin kun otetaan huo-

mioon, että kysymyksessä on selvä savimaa. Kalkkitilan paraneminen v:sta —38 v:een —53 karjanlannan ja eräiden väkilannoiteyhdistelmien, NPK ja PK, vaikutuksesta on melkoisen suuri, n. 1 tn/ha.

Taulukko 43. Maan vaihtuva kalkki ($CaCO_3$) tn/ha

Table 43. Exchangeable calcium of soil as Ca CO_3, tons per ha.

		—38	—53	Lisäys + Vähennys — *Increase + Decrease —*
A	0	9.9	9.9	±0.0
	NPK	10.5	11.1	+0.6
	NP	10.5	10.7	+0.2
	NK	9.7	10.0	+0.3
	PK	9.8	10.7	+0.9
kesk. *aver.*	A	10.1	10.5	+0.4
B	0	9.9	10.5	+0.6
	NPK	9.8	11.2	+1.4
	NP	9.8	10.9	+1.1
	NK	10.9	10.8	—0.1
	PK	10.7	11.6	+0.9
kesk.	B	10.2	11.0	+0.8
C	0	10.1	10.8	+0.7
	NPK	10.4	12.0	+1.6
	NP	10.5	11.9	+1.4
	NK	9.7	10.6	+0.9
	PK	10.9	11.9	+1.0
kesk.	C	10.3	11.4	+1.1
ABC	0	9.9	10.4	+0.9
	NPK	10.2	11.5	+1.3
	NP	10.3	11.2	+0.9
	NK	10.1	10.5	+0.4
	PK	10.5	11.4	+0.9
kesk.	ABC	10.2	11.0	+0.8
me	*	1.1	0.6	
L.S.D.	**		0.8	
	***		1.1	

g. Vaihtuva kali

Taulukkoon 44 on merkitty vaihtuvan kalin määrät (K_2O) kg/ha. Kaliluvut tulevat tässä muodossa ilmaistuksi suuremmalla tarkkuudella kuin ne ovat taulukossa 42, jossa luvut on pyöristetty kokonaisiksi kg-ekvivalenteiksi (= 47.096 kg K_2O). Nähdään, että koemaa sisältää runsaasti vaihtuvaa kalia, kuten on johdonmukaista kalilannoituksen heikon vaikutuksen kanssa.

Taulukon 44 oikeaan laitaan on merkitty aikaisemmin (s. 49) mainitulla tavalla lasketut kali-»taseet», jotka osoittavat lannoituksessa annettujen ja satojen ottamien määrien eroja. Taseet on ilmoitettu erikseen koko koeajalta ja ajalta 1939—53, mikä on maanäytteiden oton väliaika. Kalitaseista useimmat muodostuvat negatiivisiksi, mikä siis merkitsee sitä, että sadoissa on otettu maasta enemmän kalia kuin lannoituksessa on annettu. Näin on asianlaita varsinkin, jos otetaan huomioon koko koeaika, mutta kauden 1939—53 taseista tulevat lievästi positiivisiksi tapaukset, joissa karjanlannan lisäksi on annettu kalisuolaa.

Jos tarkastellaan maan kaliluvuissa aikana 1939—53 tapahtuneita muutoksia, todetaan, että vain A-koejäsenryhmässä ilmenee vähennystä, joka on tilastollisesti merkitsevä, mutta kiloina vähennys on vain 1/5—1/10 siitä, mitä taseet osoittavat. Muissa koejäsenryhmissä analyysiluvut osoittavat tilastollisesti merkitsevää lisääntymistä, vaikka taseiden mukaan odottaisi vähenemistä. Asian selityksenä voi olla vain se, että maan mineraaleista vapautuu jatkuvasti runsaasti kalia. Analyysiluvut osoittavat samaa kuin satotuloksetkin, nim. että karjanlannassa tullut kali on hyvin riittänyt tämän savimaan kalintarpeeseen ja todennäköisesti jo pienempikin kalimäärä olisi ollut riittävä.

Taulukko 44. Vaihtuvassa muodossa oleva kali (K_2O) kg/ha

Table 44. Exchangeable potash K_2O kg. per ha.

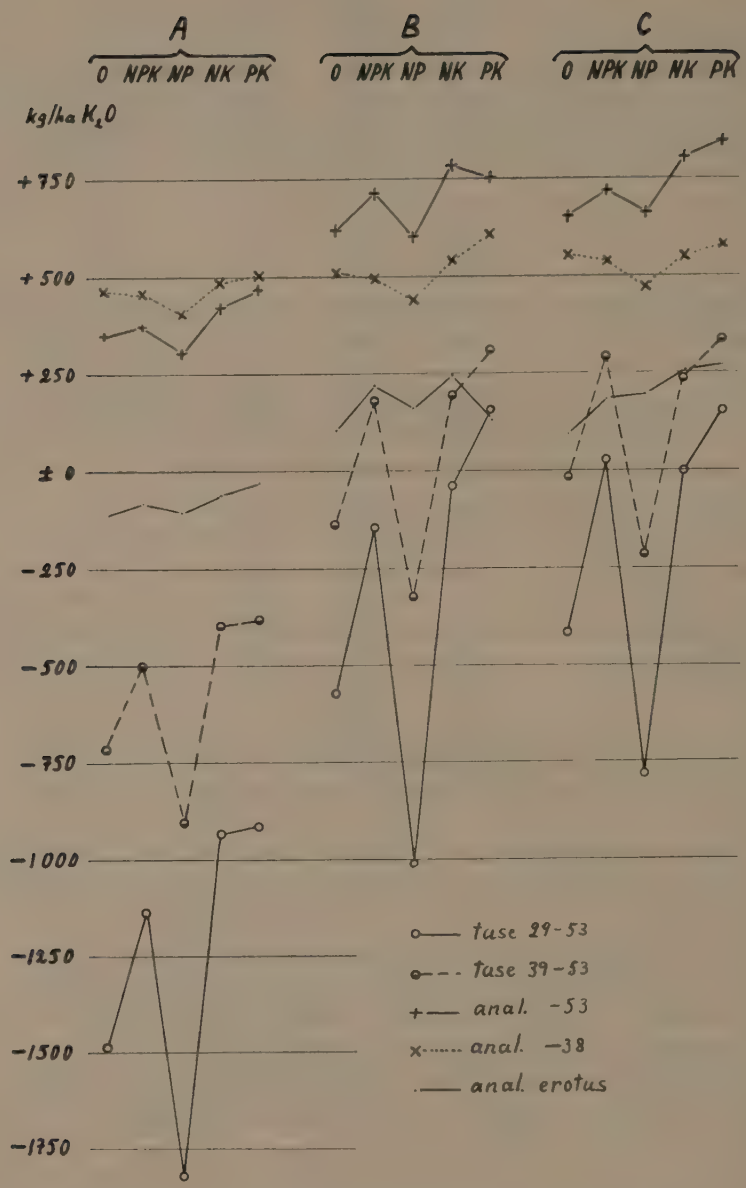
		—38	—53	Lisäys + Vähennys — *Increase + Decrease —*	Kalitaseet *Potash »balances»* 1939—53	1929—53
A	0	465	350	—115	—716	—1 484
	NPK	457	373	— 84	—502	—1 138
	NP	404	303	—101	—906	—1 843
	NK	488	423	— 65	—392	— 932
	PK	502	468	— 34	—379	— 916
kesk. A *aver.*		463	383	— 80	—579	—1 263

B	0	507	614	+107	—135	— 573
	NPK	493	715	+222	+184	— 146
	NP	437	600	+163	—326	—1 016
	NK	541	787	+246	+194	— 40
	PK	614	751	+137	+305	+ 154
kesk. B		518	693	+175	+ 44	— 324
C	0	555	653	+ 98	— 18	— 416
	NPK	538	720	+182	+291	+ 26
	NP	471	664	+193	—218	— 783
	NK	546	804	+258	+231	± 0
	PK	577	849	+272	+338	+ 156
kesk. C		537	738	+201	+125	— 203
ABC	0	509	539	+ 30	—290	— 824
	NPK	496	602	+106	— 9	— 419
	NP	437	522	+ 85	—483	—1 214
	NK	525	672	+147	+ 11	— 324
	PK	560	688	+128	+ 88	— 202
kesk. ABC		505	605	+100	—137	— 597
me	*	41	106			
L.S.D.	**	59	145			
	***	75	193			

Taulukon 44 esittämät asiat nähdään havainnollisesti piirroksesta 12, johon on samaan akselistoon merkitty kumpikin tase, analyysien antamat tulokset ja niiden mukaan lasketut maan kalitilassa tapahtuneet muutokset. Voidaan todeta, että analyysiluvut jossain määrin seuraavat tasetta, mutta suuresti vaimennettuina. Se voi johtua siitä, että maan kalivaroista mobilisoituvat määrät ovat hyvin suuret ja mahdollisesti suuremmat silloin, kun maasta kulutetaan kalia, kuin siinä tapauksessa, että maan kalivarastoa ylläpidetään lannoituksella. Toisena syynä analyyttisten kalilukujen heikkoon yhteenkäymiseen taseiden kanssa voi olla analyysimenetelmän epäpätevyys.

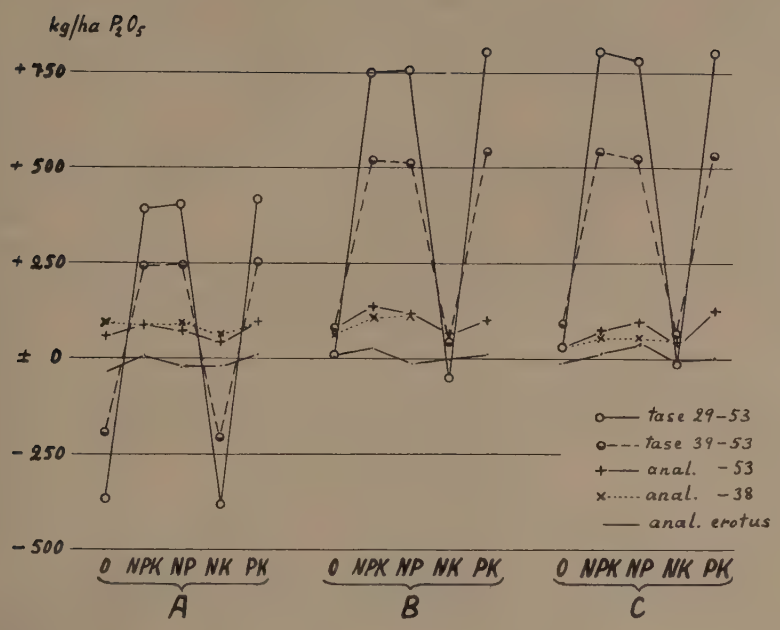
h. Helposti liukeneva fosfori

Käytetyllä analyysimenetelmällä liuenneen fosforin määrät (P_2O_5) kg/ha 20 cm kerroksessa ja lasketut fosforitaseet nähdään taulukosta 45. Esitystapa vastaa täysin sitä, mitä on käytetty kalin suhteen taulukossa 44. Ana-



Kuva 12. Maan kalitaseet ja vaihtuvan kalin määrät maassa kg/ha K_2O.

Figure 12. Potash balances of the soil and the amounts of exchangeable soil potash, kg. per ha. K_2O. Explanation: tase = balance; anal. = exchangeable potash; anal. erotus = difference between amounts of exchangeable potash in 1953 and 1938.



Kuva 13. Maan fosforitaseet ja helposti liukenevan fosforin määrät maassa kg/ha P_2O_5.

Figure 13. Phosphorus balances of the soil and the amounts of easily soluble soil phosphorus, kg. per ha P_2O_5. Explanation: tase = balance; anal. = easily soluble phosphorus; anal. erotus = difference between amounts of easily soluble phosphorus in 1953 and 1938.

lyysissä saaduissa fosforiluvuissa ei ole todettavissa merkitseviä eroja kuten kaliluvuissa oli, niinpä esim. v:ien 1938 ja —53 lukujen välillä ei niitä ole.

Havainnollisen kuvan fosforitaseiden ja analyyttisten fosforilukujen suhteista saa piirroksesta 13, joka vastaa kalista laadittua piirrosta 12. Fosforitaseissa on hyvin suuret erot, mutta maa-analyysiluvut seuraavat taseita erittäin heikosti, joskin muutokset niissä käyvät samoihin suuntiin kuin taseissakin. Asiaa tuskin voidaan ymmärtää niin, että esim. ylimäärin lannoituksessa annettu fosfori olisi lähes täysin muuttunut käyttökelvottomaan muotoon, vaan ilmeisesti niin, että käytetty analyysimenetelmä ei kykene tuomaan esille tyydyttävästi maan fosforitilaa (Teräsvuori 1954, s. 51).

Taulukko 45. 0.01-n. happoon uuttosuhteessa 1: 25 liukeneva fosfori (P_2O_5) kg/ha

Table 45. Soil phosphorus dissolved in 0.01 N. acid, as P_2O_5 kg. per ha.

		—38	—53	Lisäys + vähennys — *Increase — decrease —*	Fosforitaseet *Phosphorus »balances»* 1939—53	1929—53
A	0	93	57	—36	—192	—362
	NPK	82	88	+ 6	+242	+391
	NP	93	73	—20	+247	+401
	NK	61	41	—20	—203	—380
	PK	92	98	+ 6	+255	+414
kesk. *aver.*	A	84	71	—13	+ 70	+ 92.8
B	0	68	77	+ 9	+ 83	+ 8
	NPK	108	138	+30	+520	+750
	NP	109	120	—11	+517	+755
	NK	66	65	— 1	+ 49	— 51
	PK	91	101	+10	+543	+807
kesk.	B	88	100	+12	+342	+453.8
C	0	37	39	— 2	+ 93	+ 38
	NPK	58	76	+18	+541	+809
	NP	59	100	+41	+524	+788
	NK	55	45	—10	+ 66	— 15
	PK	123	129	+ 6	+537	+804
kesk.	C	66	78	+12	+352	+484.8
ABC	0	66	58	— 8	— 5	—105
	NPK	83	101	+18	+434	+650
	NP	87	97	+10	+429	+648
	NK	61	50	—11	— 29	—149
	PK	102	110	+ 8	+445	+675
kesk.	ABC	80	83	+ 3	+255	+343.8
me L.S.D.	*	(57)	45			

i. Vettä kestävien murujen määrät maassa

Savimaat yleensä ja erityisesti hiesusavet ovat taipuvia liikaan tiiviyteen, mistä on viljelylle monenlaista haittaa. Tällaisten maiden hoidossa onkin aina tarpeen pyrkiä menettelytapoihin, jotka edistävät maan huokoisuutta ja mureutta. On todennäköistä, että lannoituksellakin on vaikutusta maan fysikaalisiin ominaisuuksiin.

Taulukko 46. Vettä kestävien murujen määrät %
Table 46. Percentages of water-stable aggregates

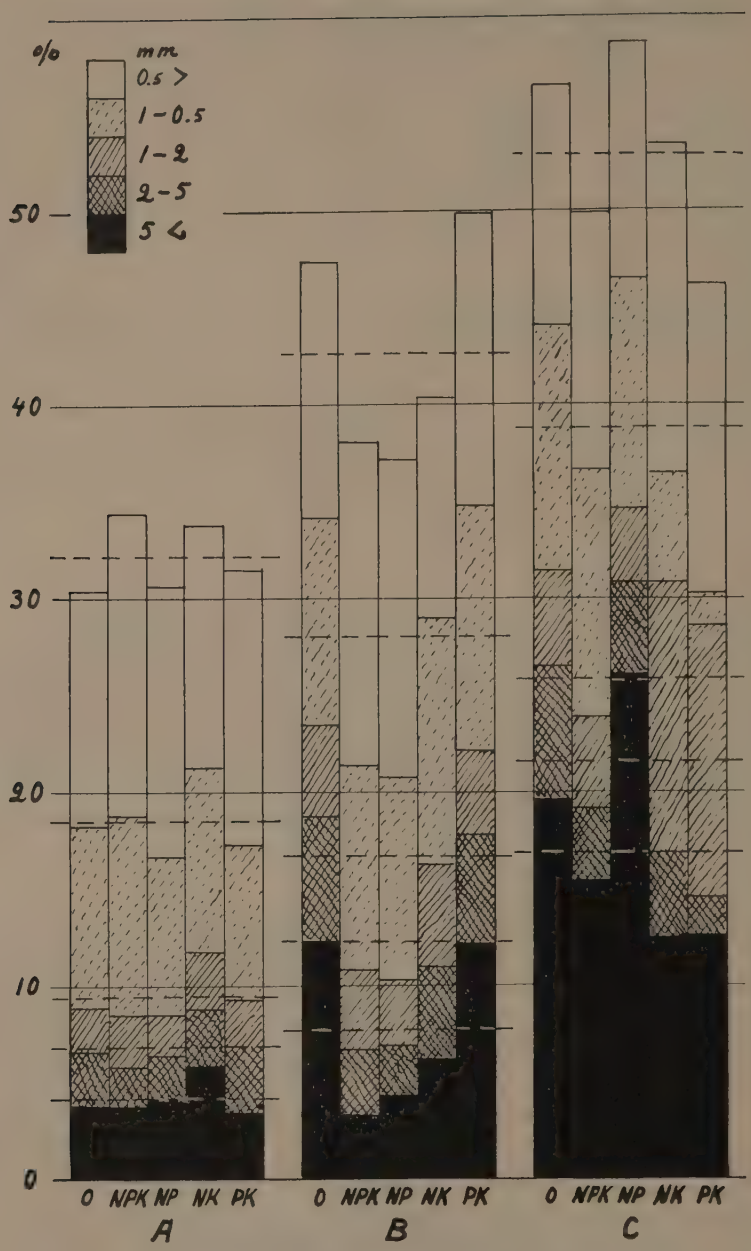
	Murujen läpimitta mm *Diameter of aggregates, mm*					Yhteensä muruja *Total aggregates*
	—5	5—2	2—1	1—0.5	0.5—0.2	
ABC 0	11.9	5.4	4.0	10.9	12.6	44.8
NPK	7.5	3.1	3.9	11.2	15.2	40.8
NP	11.5	3.2	3.1	10.2	14.2	42.2
NK	7.8	4.4	4.1	12.6	13.6	42.5
PK	9.1	4.1	3.6	10.8	15.1	42.5
keskim. ABC *aver.*	9.6	4.0	3.7	11.1	14.1	42.5
keskim. — *aver.* A	4.2	2.7	2.5	9.1	13.7	32.2
» » B	7.7	4.6	4.4	11.4	14.6	42.7
» » C	16.9	4.7	4.3	12.9	14.1	52.9
me * L.S.D.	8.7					11.4

Fysikaalisen puolen tutkiminen rajoittui vain vettä kestävien maamurujen määrien selvittämiseen tavanomaisella muruanalyysillä (SALONEN ja HONKAVAARA 1954, s. 32). Siinä saaduista tuloksista esitetään taulukossa 46 suppeat yhteenvedot. Yksityiskohtaisemmin nähdään tulokset kuvasta 14, jossa murumäärät esitetään pylväinä. Alin, tummin osa pylvästä merkitsee suurimpien murujen määrää ja asteittain vaalenevat osat pienempien samassa järjestyksessä kuin taulukossa 46. Pylvään koko korkeus ilmaisee 0.2 mm suurempien murujen koko määrää. Katkoviivoin on vielä merkitty kunkin koejäsenryhmän (A, B, C) keskiarvot.

Maassa on murujen määrä kaiken kaikkiaan pienen puoleinen, kun vain alle puolet maamassasta esiintyy muruina. Murujen, varsinkin kaikkein kookkaimpien, määrissä on paljon epäsäännöllistä vaihtelua, joka on suurinta karjanlantaa saaneissa B- ja C-koejäsenryhmissä. Siihen on mahdollisesti syynä lannan epätasainen sekaantuminen maahan. Suuren vaihtelun vuoksi suuretkaan erot eivät muodostu tilastollisesti merkitseviksi muuta kuin karjanlannan kohdalla. Lannankäyttötapa C näyttää tässä suhteessa olevan tehokkaampi kuin B, ja niiden erotus on merkitsevyyden rajoilla. Mistä tämä erilaisuus johtuisi, ei ole onnistuttu selvittämään.

9. Tutkimustulosten tarkastelua

Koe selvittää monipuolisesti karjanlannan ja eri väkilannoiteyhdistelmien käyttöä savimaalla yksinään ja toistensa ohella. Erityisesti on korostettava sitä, että kun koe on niinkin kauan ollut käynnissä, saadaan selvi-



Kuva 14. Vettä kestävien murujen määrät maassa % 1953.

Figure 14. Amounts of water-stable aggregates in soil, % in 1953.

tystä eri lannoitteiden jatkuvan käytön vaikutuksista satoihin ja maahan, mistä seikasta on pitkäaikaisiin kenttäkoetuloksiin perustuvaa tietoa kovin vähän ennestään olemassa.

Koekenttänä olleen maan luontaisen hedelmällisyyden täytyy olla melkoisen suuri, sillä kokonaan ilman lannoitteita on jatkuvasti saatu kohtalaisia satoja, joissa kylläkin on todettavissa koekauden aikana tapahtuvaa alenemista, mutta verraten lievänä.

Erityisen rikas maa on *kalin* suhteen, mikä vastaakin vanhaa käsitystä savimaista. Väkilannoitekalin vaikutus on mitätön alun alkaen ja näyttää vähenevän koekauden aikana kaikkialla, mutta erityisesti karjanlantaa saaneissa koejäsenryhmissä. Vain lantulla muodostuu kalilannoituksen vaikutus paremmaksi siinä määrin, että pääosa kalilla kaikkiaan saadusta sadonlisäyksestä on saatu juuri lantun kohdalla. Maa-analyysien tulokset viittaavat kuitenkin siihen, että ilman karjanlantaa maan kalivarastoissa tapahtuu pientä vähenemistä, mikä on hieman suurempaa niissä tapauksissa, joissa kaliväkilannoitusta ei ole annettu. Karjanlanta näyttää lisäävän maan vaihtuvan kalin varastoja sellaisissakin tapauksissa, joissa kalia ei ole annettu väkilannoitteissa. Siten käytetty lantamäärä, 10 tn/ha vuotta kohti, näyttää riittävän hyvin maan kalitilan ylläpitämiseen. Satoa vähentävää vaikutusta väkilannoitekalilla ei sentään ole todettavissa kuin korkeintaan ehkä kauran kohdalla. Satotuotteiden kalipitoisuudessa tulee kalilannoituksen vaikutus esille vain hyvin epäselvänä, mikä johtuu todennäköisesti maan runsaasta kalipitoisuudesta. Ainoastaan muutamissa harvoissa tapauksissa ilmenee kalilannoituksen pois jättäminen satotuotteiden kalipitoisuuden alenemisena.

Väkilannoitteissa annetun *fosforin* vaikutus on keskimäärin ollut verraten vaatimaton. Sillä saadusta koko vaikutuksesta tulee huomattavan suuri osa lantun kohdalle, mutta myös ruis on antanut fosforilannoituksella hyvät sadonlisäykset. Hernekaura ja vielä suuremmassa määrässä nurmi sekä pelkkä kaura ovat antaneet fosforilannoituksella vain pieniä sadonlisäyksiä. Erotuksena kalista on se, että fosforin suhteen ei yhdessäkään tapauksessa esiinny negatiivisia lukuja. On pantava merkille, että fosforin satoa lisäävä vaikutus paranee selvästi koekauden kuluessa A-koejäsenryhmässä, mutta vähenee B- ja C-ryhmissä. Selityksenä on se, että karjanlannan fosforilla on, suhteellisen pienistä määristä huolimatta, tehokas fosforivaikutus. Maa-analyysin mukaan maan liukenevan fosforin määrät ovat vain kohtalaiset, mutta kuitenkaan fosforilannoituksen vaikutus ei saavuta edes keskimääräistä tasoa. Käytetyllä analyysimenetelmällä saatujen fosforilukujen vähäistä arvoa osoittaa sekin, ettei erilainen fosforilannoitus ole aiheuttanut niihin kuin aivan pieniä muutoksia. Koemaassa on fosforilannoituksen tarve, ei varsin suuri, mutta ilmeisesti kuitenkin sellainen ettei käytetty verraten runsas karjanlantalannoitus riitä sen tyydyttämiseen. Erityisesti

lantun ja rukiin viljelyssä on fosforilannoitusta tarpeen käyttää karjanlannan ohellakin. Fosforilannoituksen pois jäämisen vaikutus satotuotteiden fosforipitoisuuden alenemisena ei ole suuri, mutta kuitenkin selvempi kuin kalilannoituksen pois jäämisen vaikutus.

Erityistä huomiota on kiinnitettävä *typpi*lannoituksen vaikutukseen. Kokeessa käytetty sinänsä vähäinen typpimäärä on kauttaaltaan antanut erittäin hyviä ja tasaisia sadonlisäyksiä. Ainoastaan rukiin kohdalla on todettavissa epäsäännöllisyyttä, mikä ehkä johtuu erilaisen talvehtimisen aiheuttamista häiriöistä. Typenkin kohdalla tulee näkyviin lantun kiitollisuus. Erityisesti on syytä panna merkille, että väkilannoitetyppi antaa karjanlannan ohella yhtä hyviä sadonlisäyksiä kuin ilman lantaa. Tämä seikka on vastoin aikaisempia tavanomaisia käsityksiä, mutta samantapaisia piirteitä esiintyy esim. WAGNERin tutkimuksessa ja erityisesti tanskalaisissa tutkimuksissa. Mainitut ulkomaiset tulokset on saatu pääasiassa hietamailla. Savimaa on tunnetusti erityisen kiitollinen typpilannoituksesta, mutta esillä olevat koetulokset viittaavat siihen, että typpilannoitusta voi olla paikallaan käyttää jopa karjanlannan ohellakin. Merkille voidaan panna myös se piirre, että typen vaikutus pysyy koekauden aikana samana, mikä onkin täysin johdonmukaista sen kanssa mitä tiedetään liukenevan typen säilymisestä maassa. Typpilannoituksen vaikutuksessa satotuotteiden typpipitoisuuteen ei ole selvää suuntaa.

Karjanlannan vaikutuksessa esiintyy paljon vaihtelua, jonka syitä ei aina voi selittää. Kaiken kaikkiaan lannan vaikutus on ollut pieni, mikä mahdollisesti voi johtua siitä, että maa luonnostaan on verraten rikas kalin ja osittain fosforinkin suhteen, mihin viittaa kalin mitätön ja fosforin vaatimaton vaikutus. Yllättävänä täytyy pitää lannan vähäistä typpivaikutusta. Lannan vaikutuksessa koekauden kuluessa ilmenevä paraneminen viittaa siihen, että typpivaikutuksen hitaus ja vähäisyys voisi johtua maan tiiviydestä riippuvasta hitaasta lahoamisesta. Erityisen kiintoisa on lannan hyvä fosforivaikutus, joka tulee näkyviin mm. siinä, että lannan vaikutus tulee parhaimmaksi NK-lannoituksen ohella, ja siinä, että laskelmissa, joissa on selvitetty lannoituksessa annettujen eri ravinteiden hyväksikäyttöprosentteja, lannan fosforin hyväksikäyttö tulee paremmaksi kuin superfosfaatin vesiliukoisen fosforin. Tämä havainto, joka esiintyy myös WAGNERin tutkimuksissa, saattaa arvostamaan karjanlannan fosforin korkealle.

Lannan vaikutus tulee selvästi näkyviin maa-analyysissä. Lanta on lisännyt maan humusta jopa yllättävän paljon. Tämä huomiota herättävän runsas lisääntyminen voi sekin olla yhteydessä maan tiiviyden kanssa. Myös maan vettä kestävien murujen määriin on lannalla vaikutusta, joka tuntuu parhaiten kaikkein kookkaimpien murujen määrissä. On mahdollista, että lannan ajan mukana paraneva vaikutus ainakin osaksi johtuu tällai-

sista hitaasti tapahtuvista ilmiöistä. Maasta tehdyissä ravinneanalyyseissä tulee lannan vaikutus vähemmän selvästi esille, mutta kalin ja vähemmässä määrässä fosforin suhteen voidaan kuitenkin todeta lannan edullinen vaikutus analyysissä mukaan tuleviin määriin. Satotuotteiden ravinnepitoisuuksiin ei lannalla voi todeta olleen vaikutusta. Korkeintaan heinäsatojen ja lantun fosforipitoisuudessa voi olla pientä, mutta ei merkitsevää karjanlannan käytön aiheuttamaa lisäystä.

Kokeeseen on otettu kaksi erilaista lannan käyttötapaa, joiden ero on siinä, että B-ryhmässä lanta annetaan kesannolle 30 tn/ha ja lantulle 50 tn/ha ja C-ryhmässä kesannolle 30, lantulle 30 ja viimeisen vuoden nurmelle 20 tn/ha. Erotus on siis verraten pieni. Kuitenkin lannan vaikutuksessa tulee esille suuret erot näiden kahden käyttötavan välille. C-ryhmässä lannan vaikutus on keskimäärin vain n. 60 % B-ryhmässä tulleesta vaikutuksesta, jos otetaan koko koeaika huomioon. Alkupuolella koekautta on erotus vielä paljon suurempi, kun B-ryhmässä on sentään jonkin verran vaikutusta, mutta C-ryhmässä vaikutus jää alkuun aivan mitättömäksi tai on suorastaan negatiivinen. Tällaista heikkoa vaikutusta ilmenee myös muissa tässä mainituissa, mutta vain lyhyen ajan käynnissä olleissa savimaan kokeissa. Hietamaan kokeessa sen sijaan lannan vaikutus on ollut paljon tasaisempi ja sama molemmissa käyttötavoissa B ja C. Näyttää siltä, että nimenomaan savimailla lannan vaikutuksessa on paljon tuntemattomia piirteitä.

Suurelta osalta selvittämättömäksi jää koejäsenryhmien B ja C välinen ero. On ehkä mahdollista, että C-ryhmän ruutujen kohdalla maa on ollut joissakin suhteissa huonompaa kuin B-ryhmän ruutujen kohdalla, mikä ei kuitenkaan tule esille analyysiluvuissa ja mitä ei ole voitu havaita koetta perustettaessa. C-ryhmässä sadot jäävät alemmiksi, mutta kummallista on, että lannoitusten vaikutuskin, fosforilannoitusta lukuun ottamatta, on C-ryhmässä huonompi. Erityisen suuri on erotus typpilannoituksen kohdalla. Näin on ollut varsinkin kokeen alkupuolella; myöhemmin, jakson III aikana, erotus tasoittuu, mutta vielä silloinkin typen vaikutus jää C-ryhmässä pienemmäksi kuin B-ryhmässä. Karjanlannan vaikutus sen sijaan on jakson III aikana sama molemmissa ryhmissä.

10. Päätelmät

Koemaana olleen hiesusaven luontainen hedelmällisyys on kasvinravinteiden kohdalla melkoisen hyvä ja kauan kestävä, joten kosteussuhteilla on suuri osuus satojen tason muodostumisessa.

Karjanlannan vaikutuksesta on pääosa tullut ensimmäisen sadon hyväksi, mutta loppuosa vaikutuksesta näyttää olevan kauan kestävä. Kokeessa käytetty runsas lantamäärä on tällaisessa tiiviissä maassa lisännyt selvästi

humuspitoisuutta ja hieman vettä kestävien murujen määrää maassa. Lannan kasvinravinteista on fosforilla, pienistä määristä huolimatta, ollut selvin vaikutus. Lannassa tuleva kalimäärä on hyvin riittänyt satojen kalintarpeen tyydyttämiseksi. Lannan typen hyväksikäyttö on jäänyt niin vähäiseksi, että sen ohella annettu typpiväkilannoitus on ollut hyvin paikallaan.

Lannan täydennyksenä käytetyistä väkilannoitteista on typpi antanut parhaat tulokset. Fosforiväkilannoituksen vaikutus on selvästi pienempi lannan ohella kuin ilman lantaa. Kaliväkilannoituksen vaikutus on koemaassa ollut vähäinen ilman karjanlantaakin ja lannan ohella vielä pienempi. Kalin vaikutus tuntuu vain lantun sadoissa.

Lannan käyttö kolmannen vuoden nurmen pintalannoitukseen on antanut hyvin heikkoja tuloksia.

Kirjallisuutta

Aarnio, B. 1933 — Loimaa. Agrogeologisia karttoja N:o 7.

Barkoff, E. 1954 — Beiträge zur kolorimetrischen Humusbestimmung im Boden. Maat. tiet. aikak. 26., s. 198—209.

Cheng, K. L. and Bray, R. H. 1951 — Determination of calcium and magnesium in soil and plant material. Soil Sci. 72, s. 449—458.

Dorph-Petersen, K. 1946 — Forsøg med Staldgødning og Kunstgødning ved Lyngby 1910—42. Tidskr. for Planteavl 50., s. 555—616.

—»— 1950 — Variationen i en sandjords reaktionstal, fosforsyretal, kaliumtal og mangantal. Tidskr. for Planteavl 53., s. 650—677.

Fredriksson, L. och Bengtsson, G. 1952 — Ekonomisk gödsling och kalkning. Stockholm.

Gericke, S. und Kurmies, B. 1952 — Die kolorimetrische Phosphorsäurebestimmung mit Ammonium—Vanadat—Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse. Z. Pfl. Ernähr. Düng. 59. (104.), s. 235—247.

Hahn, R. B., Backer, Ch., and Backer R. 1953 — Removal of phosphate ion by ion-exchange. Anal. Chimica Acta 9., s. 223—225.

Iversen, K. 1933 — Forsøg med Kunstgødning paa staldgødet Jord. Tidskr. for Planteavl 39., s. 1—113.

—»— 1943 — Staldgødningens og Kunstgødningens Kvaelstof-, Fosforsyre- og Kalivirkning. Tidskr. for Planteavl 47., s. 1—93.

—»— og Dorph-Petersen, K. 1950 — Forsøg med staldgødning og kunstgødning på sandjord ved Lundgaard og Tylstrup 1927—46. Tidskr. for Planteavl 53., s. 33—84.

Piper, C. S. 1947 — Soil and plant analysis. Adelaide.

Salonen, M. 1949 — Maanparannus- ja lannoitusoppi. Porvoo

—»— ja Honkavaara, T. 1954 — Karjanlannan ja väkilannoitteiden vaikutuksen vertailua. Valt. maat. koet. julk. N:o 142.

Tainio, A. 1952 — Niittonurmien lannoitus- ja kalkituskysymyksistä koetulosten valossa. Maatalous 45, s. 142—146.

Tennberg, F. 1939 — Synpunkter på tolkning av resultaten från gödslingsförsök med indirekt plan. Nordisk Jordbrugsforskning 1939, s. 201—224.

Teräsvuori, A. 1954 — Über die Anwendung saurer Extraktionslösungen zur Bestimmung des Phosphordüngerbedarfs des Bodens, nebst theoretischen Erörterungen über den Phosphorzustand des Bodens. Valt. maat. koet. julk. N:o 141.

Tind-Christensen, C. J. 1940 — Forsøg med Kunstgødning og Staldgødning til Agerkultur paa merglet Marskjord. Tidskr. for Planteavl 44., s. 224—272.

—»— 1951 — Forsøg med kunstgödning, staldgödning og ajle til varigt graesleje og til agerkultur på marskjord. Tidskr. for Planteavl 54., s. 686—704.

TUORILA, P. und TERÄSVUORI, A. 1932 — Über die Bestimmung von Kali, Kalk, Phosphorsäure und Kieselsäure in organischen Substanzen. Valt. maat. koet. julk. N:o 42.

» 1933 — Untersuchungen über die Anwendbarkeit der bodenanalytischen Methoden für die Bestimmung des Düngebedürfnisses 1. Valt. maat. koet. julk. N:o 56.

—»— 1945 — Några problem rörande kalkningsfrågan. Svenska vall- och mosskulturföreningens kvartalskrift 7., s. 83—101.

VIRRI, T. J. 1953 — Satakunnan kasvinviljelyskoeaseman koetuloksia v. 1945—52. Valt. maat. koet. tiedonant. 231.

WAGNER, P. 1915 — Die Wirkung von Stallmist und Handelsdünger. Arb. deutschen Landw.-Ges., Heft 279.

SUMMARY:

Investigations concerning the manuring and fertilizing of clay soil,

based principally on the results of a long-term experiment at Mustiala school farm.

by Martti Salonen and Aarne Tainio

Agricultural Research Centre, Department of Agricultural Chemistry and Physics, Tikkurila, Finland

Soils rich in clay are the most important soil types in Finland not only because of their frequency, but above all because they are the predominant cultivated soil type in the climatically best regions in Finland. The cropping qualities of clay soil are not the best possible; on the contrary, failures due to some reason or other often result in rather poor yields.

In most cases failures in the cultivation of clay soil are due to drought, this soil type being particularly sensitive to it, but also in regard to fertilizing, clay soils are very different from sandy and peat soils, whose fertilizing has been more thoroughly investigated in Finland.

In the late 1920's and early 1930's several extensive fertilizing experiments were started on the so called permanent experiment fields. These experiments were meant to be of long duration following the principles laid down by Wagner (1915). Most of these experiments were arranged on clay soils. Not all the experiments could be continued long enough; most of them had to be discontinued for some reason or other. Only one experiment, located at Mustiala school farm in south-west Finland, was maintained during the years 1929—1953, when it had been run for 25 years, and 21 yields had been obtained. This paper is chiefly based on the results of this experiment, but the main points of the results of three other experiments of shorter duration are also included.

The design of the experiment, farmyard manure and fertilizers in the Mustiala experiment

The experiment at Mustiala, as well as the experiments of shorter duration, were carried out according to the following design:

A, group of treatments without farmyard manure:

0 without fertilizers

NPK 100 kg. per ha. nitrate of lime, 200 kg. per ha. superphosphate, and 100 kg. per ha. 40 % muriate of potash annually

NP 100 kg. per ha. nitrate of lime, 200 kg. per ha. superphosphate
NK 100 kg. per ha. nitrate of lime, 100 kg. per ha. 40 % muriate of potash
PK 200 kg. per ha. superphosphate, 100 kg. per ha. 40 % muriate of potash

B, group of treatments with application of farmyard manure to all plots, 30 tons per ha. to fallow, and 50 tons per ha. to swedes, fertilizer combinations as in A.

C, group of treatments with the same amounts of farmyard manure as in B, but applied to fallow at the rate of 30 tons per ha., to swedes at the rate of 30 tons per ha., and to the last ley at the rate of 20 tons per ha., fertilizer combinations as in A.

The experiment thus consisted of altogether 15 treatments divided into three groups, A, B, and C, according to the application of farmyard manure. The number of replications was 4. Size of plots $6 \times 10 = 60$ m². The position of the different plots in the experiment field is shown in fig. 1.

The rotation was planned as follows: fallow, rye, 3 leys, oats, swedes (at Kanneljärvi exp. potato), peas and oats. The appendix table I gives the crops grown in the Mustiala experiment and their yields as kg. per ha. with the standard deviation of the mean.

The amounts of nutriens applied in fertilizers are given in table 1. The qualities, quantities, and amounts of nutrients in farmyard manure are seen in table 2.

Weather conditions during the experiment

Data relating to precipitation and temperature in the experiment years are given in figures 2 and 3. Different crops with different reactions to the weather conditions in the different periods of the growing season were grown in different years. It has been supposed that the climatic conditions of May — June are the most important for ley, those of May — July for grain crops, and those of May — September for swedes. Figures 2 and 3 indicate whether the weather conditions of the important period for each crop were more favourable than the mean of the whole experiment period 1929—1953 (sign +), approximately the mean (sign ±), or less favourable (sign —). The same signs are used in table 3, which gives a survey of the climatic conditions and levels of yields in different years. These signs are also used in figures 4, 8, 9, and 10, which reveal the annual variation of yields with different crops. In table 3 the experiment period is divided into three phases, a division which is significant in a later connection (p. 79). It is seen that with regard to climatic conditions phases I and III were approximately similar, whereas the climatic conditions during phase II were much less favourable.

Experimental yields

In this paper all yields are converted into Scandinavian fodder units. The conversion coefficients are given on page 12.

Leys

Ley was an experiment crop in 10 years altogether. The level of yields in different years is given in fig. 4, in which the yields from treatments 0 and NPK without farmyard manure and with farmyard manure are represented as columns. It also gives the signs indicating whether precipitation and temperature were favourable or unfavourable for ley. Precipitation seems to have had the greatest influence on the

yields of ley. In dry years, 1939 and 1947, the ley was old, too, which partly accounts for the poor yields. Thus annual variation in the yields of ley was very great.

The average yields of hay obtained during the whole experiment period are shown in table 4, which also gives the increases in yields due to different treatments. Beneath table 4, as elsewhere, there are also the usual signs for significant differences. It is seen that the effect of farmyard manure on the yields of ley was small and uncertain, whereas the effect of fertilizers was great and significant. The distinct effect of nitrogen fertilizers is especially striking.

In each group of treatments (A, B, and C) the fertilizer combinations were so arranged that it was possible to calculate the effect of each nutrient (e.g. NPK — PK = effect of N). Table 5 gives the effects of different fertilizers calculated by this »direct» method. Owing to the interaction of the effects of different nutrients, the sum of the calculated single effects is seldom the same as the actual effect of NPK-fertilizing. As the combined effects were not studied in this connection, the method of Tennberg (1939, p. 216) was used. According to this method, the sum of the effects of different nutrients is the same as the effect of NPK-fertilizing. This method of calculating is called »relative», and the values obtained by it are given in table 5 beside the values obtained by the »direct»method. As is seen, the values obtained by these two different methods show considerable differences in some cases. Later on, only the effects of different nutrients calculated by the »relative» method are given.

The figures in table 5 give a clear idea of the effects of different nutrients in the fertilizing of leys. The effect of nitrogen was good, that of phosphorus slight, and that of potash negligible.

The difference between groups B and C was that in group C 20 tons of farmyard manure per ha. was applied to the last ley, which amount was taken from that otherwise given to the swedes. Table 6 shows the effect of this manure on the 3rd year leys, difference C—B. The effect was negligible.

With regard to clover-timothy ley, the effect of fertilizing on the amount of clover is of special interest. There are botanical analyses of yields for the ley periods 1936—1939 and 1945—1947, as well as for the year 1953. Diagrams of annual clover percentages for treatments 0, NPK, and PK are given in fig. 5. Table 7 gives the average clover percentages for these years. It is seen that all fertilizing diminished the percentage of clover. The effect of farmyard manure, however, was so small as not to reach the level of significance, whereas all fertilizer combinations had significant effects. The greatest decrease in the clover percentage was caused by the fertilizer combinations NP and NPK, NK had less effect and PK least of all.

As fertilizing distinctly increases the total yields of ley, it might be that in spite of the diminished percentage of clover the yields of clover, as kg. per ha., did not decrease much. Fig. 6 shows the average yields of hay and the proportion of clover in them as kg. per ha. for the years with botanical analyses. It shows that, in fact, all fertilizing decreased the absolute yields of clover, the farmyard manure and PK-fertilizer combination, however, only very slightly.

It is possible to suppose that a certain fertilizing should have a special ley-maintaining influence, so that the use of this particular fertilizer would preserve its productivity longer than the use of other fertilizers. Fig. 7 gives the average yields, f. u. per ha., for leys of different ages. It shows that with older leys the decrease in productivity was similar regardless of fertilizing, i.e., the slope of the yield curves is the same for all treatments. The effects of fertilizing only appear in that the curves are at different heights in the system of coordinates.

Oats and peas and oats

Following the design, oats (3 years) as well as peas and oats (3 years) were grown in the experiment. Peas did not thrive among oats. No information is available about the proportions of peas and oats in the yields, but judging by the nitrogen contents of the yields (tables 31 and 32) the yields of 1942 and 1950 contained peas. The level of the yields of peas and oats was, however, at all events considerable higher than that of pure oats. A survey of the grain yields of different years, f.u. per ha., for treatments 0 and NPK in groups A and B is given in fig. 8.

The average grain yields of oats, f.u. per ha., are given in table 8 and the relative effects of different nutrients in table 9. The effects of different nutrients on the grain yields of oats were very similar to their effects on the yields of leys. The effect of potash was, if possible, even more negligible.

The corresponding figures for peas and oats are given in tables 10 and 11. In contrast to oats peas and oats clearly showed the effect of farmyard manure on yield, which was due to the application of farmyard manure to the swedes cultivated in the previous year.

Rye

Rye had a favourable position in the rotation in that it was preceded by fallow which received farmyard manure in treatment groups B and C. The level of the grain yields of rye as f.u. per ha. in the three years in which it was grown is shown in fig. 9. It shows how the level of yields decreased in group A in treatments 0 and NK.

The average grain yields in kg. per ha. for different treatments are given in table 12. The great effect of farmyard manure is not surprising, considering the recent application of the manure. In spite of this, the effects of fertilizers are approximately the same as their effects on peas and oats (table 10) and clearly better than their effect on oats (table 8).

The effects of fertilizers on rye, however, show greater variation in different years than was seen, for instance with oats and peas and oats. Therefore table 13 gives the relative effects of different nutrients for all years separately and as an average. It is especially noteworthy that the effect of phosphorus was greatest and most constant in group A, without farmyard manure.

Swedes

Only 2 yields were obtained from swedes, in 1932 and 1949, as the crop of 1941 was destroyed. The amounts of root yields for different treatments in different years are seen in fig. 10. Average root yields as f.u. per ha. are given in table 14. The poor results of treatments receiving farmyard manure are particularly interesting, though in group B the rate of application was 50 tons per ha., and in group C 30 tons per ha. Evidently spring is not the proper time for applying farmyard manure to swedes. The relative effects of different nutrients are given in table 15. They are greater than with other crops. The good effect of phosphorus and the moderate effect of potash are of special interest.

All crops during the entire experiment period

The aim of the experiment was to investigate the value of different treatments as general cultivating measures. Therefore it is important to elucidate their effects on all crops as an average. These average yields and increases in yields in f.u. per ha. are given in table 16. These figures also include the yields of straw and leaves. Table

17 gives the effects of different nutrients calculated as before. It also gives the figures indicating the increases in yield caused by 1 kg. of N, P_2O_5, and K_2O. As for fertilizers, the effect of nitrogen was good, and, what is more, it was not poorer if given together with farmyard manure than if given without manure. The effect of phosphorus was fairly small throughout and given with manure its effect decreased. The effect of potash was negligible throughout.

Table 18 shows what proportion of the increase in yield caused by fertilizers belongs to each crop, f. u. and %. If the increases in yields were distributed evenly between all crops, the proportion for leys would be 48 %, for oats, peas and oats, and rye 14 % each, and for swedes 10 % of the yield increases obtained. This was not so, however, but for leys and oats the proportion was much below the calculated proportion, for peas and oats as well as for rye it was approximately the same, and for swedes the proportion was about three times as great as the calculated proportion. This comparison shows the response of different crops to fertilizers. The bottom part of table 18 gives an estimate of the contribution of each fertilizer to the yield increases obtained. In group A 94 % of the total increase in yield was due equally to nitrogen and phosphorus. In groups B and C the percentage due to nitrogen was even greater. The percentage due to potash was negligible.

Some variation was found in the effect of similar fertilizing from year to year. Table 19 gives the yields and increases in yields of different treatments during phases I (years 1929—1936) and III (years 1946—1953), and table 20 the effects of different nutrients. These two phases are comparable to each other in that the crop husbandry was the same in both phases, and they were also similar with regard to climatic conditions, table 3. Table 20 shows that the effect of nitrogen was approximately the same in all treatments during both phases, the effect of phosphorus increased with time in group A, but decreased in groups B and C. The originally small effect of potash ceased completely during phase III. This comparison indicates that the application of farmyard manure did not decrease the effect of nitrogen fertilizing, but decreased the effect of phosphorus fertilizing. Owing to the abundance of potash in the experiment soil, potash fertilizers had no effect at all.

Figures indicating the effect of farmyard manure during the different phases are given in table 21, which gives the total effect in fodder units, as well as the effect per ton of farmyard manure. During phases I and II the effect of farmyard manure was very small or negligible, particularly in group C, which is surprising. During phase III the effect of farmyard manure was much greater and very similar in groups B and C. It is a little surprising that the effect of farmyard manure was greatest together with fertilizer combination NK. This indicates the great possibilities of utilizing the phosphorus in farmyard manure.

Table 22 indicates the increases in yields of different crops caused by farmyard manure. The chief increase in yield due to farmyard manure was found with rye. The increase in the yield of swedes was relatively small. The effect of farmyard manure on ley and oats was very small. Figures indicating the effect of farmyard manure per ton on rye and swedes in the first year are given in table 23. The effect on rye was much greater than the effect on swedes. It may depend on the fact that some injuries were caused by the application of farmyard manure to swedes in spring, but it may also indicate the suitability of applying farmyard manure to rye.

With regard to the effect of farmyard manure, the results of the experiment were in many respects contradictory and impossible to explain. It is probable that this is characteristic of clay soils, where the density of the soil, for instance, retards the decomposition of manure and thus delays its influence as a source of nutrients.

Level of yields during different phases of the experiment period

A comparison of the level of yields at the beginning of the experiment and at its end gives some indications of the effects of different treatments on the productivity of the soil. Table 24 gives the average annual yields as f.u. per ha. during phases I and III. The differences of these phases are also given. Fig. 11 also presents the average yields as f.u. per ha. for phase II, besides phases I and III. Phase II, however, is not entirely comparable with the other phases, since the crops grown were different (see appendix I). In addition, the climatic conditions were also distinctly less favourable during this phase than during phases I and III (table 3). Table 24 and fig. 11 indicate a distinct decrease in the level of yields in group A, in group B the decrease was not significant, and group C showed an increase in yields. The rather small amounts of fertilizers applied were evidently not sufficient to maintain the productivity of the soil, but together with ample fertilizing with farmyard manure the productivity of the soil remained the same or even improved a little.

The effect of fertilizers compared to the effect of farmyard manure

The experiment consisted of treatments with only fertilizers and of treatments with only farmyard manure. It is interesting to compare the results obtained with each other, though comparison is made difficult by the amounts of nutrients not being the same in the two treatments (sufficient attention was not paid to this point when the experiment was planned). This comparison is seen in table 25. For some treatments the amounts of nutrients applied during phases I and III and during the entire experiment period as well as the average yields in f.u. per ha. are given. During phase I the effect of fertilizers was much better than that of farmyard manure, but during phase III the two resulted in about equal effects.

A review of the results of other experiments carried out according to the same plan

In addition to the results of the Mustiala experiment, the results of other corresponding experiments of shorter duration are given in table 26. Of these experiments, Anjala and Kurkijoki were located on clay soil and Kanneljärvi on sandy soil. The average yields are given for 0 treatments and the average increases in yields for other treatments. The effects of farmyard manure in different cases are seen in table 27 and the effects of different fertilizers in table 28, which also indicates the effects per kg. of the nutrient.

As is seen, the effect of farmyard manure in the Anjala experiment was similar to that in the Mustiala experiment, whereas in the Kurkijoki experiment, strangely enough, it was negligible. The effect of farmyard manure was the best and most even on sandy soil in the Kanneljärvi experiment.

The effects of fertilizers (table 28) were best in the Anjala experiment and smallest in the Kurkijoki experiment. On all clay soils the results were similar: the effect of nitrogen was good, that of phosphorus small, and that of potash negligible. On sandy soil, at Kanneljärvi, the effect of nitrogen was smaller, but even the effects of phosphorus and potash were not much better than on clay soil.

In general the results of the short-period experiments were similar to those obtained in the long-period experiment at Mustiala.

Nutrient contents of experiment yields

The purpose of the investigation was to analyse the nutrient contents of the experiment crops, but for different reasons it was impossible to do so in all years.

For the crops of leys, nitrogen, phosphorus, and potash were determined, as well as calcium, magnesium, and sodium. Table 29 indicates the annual variation in the amounts of these substances, giving the averages of all treatments. The nitrogen and potash contents, especially, showed considerable variation, which was largely due to the age of ley and its clover content. Table 30 gives the averages of the nutrient contents for different treatments. Fertilizing, especially NP-fertilizing, decreased the nitrogen content of leys, which was due to the effect of fertilizing on the clover content (table 7). The phosphorus content was diminished by NK-fertilizing.

The nutrient contents of oats (2 years) and peas and oats (2 years) are seen in tables 31 and 32, those of rye (2 years) in table 33 and of swedes (1 year) in table 34.

Estimation of the use of nutrients given in manuring and fertilizing

Though analytical data are not available for all experiment crops, it is still possible to calculate at least the approximate amounts of nutrients in all the crops, if the blanks are filled with averages. The amounts of nutrients given at manuring and fertilizing are known. If we suppose that, in addition to fertilizing, the crops take from the soil the same amounts of nutrients as they take from unfertilized soil, it is possible to estimate the amounts of nutrients taken up from fertilizers and from manure. These calculations are seen in table 35. Of course, it is not possible to obtain exact results by means of such calculations. The inexactness of the calculation is indicated by the figures given in the column »difference». It is seen that, the percentage utilization of the nutrients of fertilizers was fairly low. The nitrogen and the potash of farmyard manure showed particularly low percentages. On the other hand, the percentage utilization of phosphorus in farmyard manure are even higher than that of superphosphate.

On the basis of these calculations it is also possible to estimate what proportions of the nutrients in the yields are obtained from the different sources. The figures are seen in table 36 (calculated only for those treatments in which the nutrient in question was given). The data indicate that with the amounts of fertilizers used in this experiment, the bulk of the nutrients consisted of those taken up from the soil.

The difference between the amounts of nutrients contained by the crops and given at manuring and fertilizing is here called the nutrient »balance». The nutrient balances at the end of the experiment in 1953 are given in table 37. These balances will be of significance later, when the nutrient status of the soil is examined (p. 82).

Investigations on the experimental soil

Soil samples from the experiment field were taken at the beginning of the experiment (also for the three experiments of shorter duration), in 1938 and at the end of the experiment in 1953, and some determinations concerning the state of cultivation of the soil were made on them.

The humus content was determined by means of the method described by Barkoff (1954), nitrogen by means of the usual method, pH both in water and in 1 N. KCl solution. The nutrients of the soil were determined by extraction with 0.01 N. HCl, the extraction ratio being 1: 25 (Tuorila and Teräsvuori 1933).

The results obtained from the samples taken at the beginning of the experiments from the different experiment fields are given side by side in table 38. The results obtained from the samples taken in the Mustiala experiment in 1938 and 1953 from every plot are seen in tables 39—46. Analytical figures were tested statistically and significant differences are marked in the same way as in tables 4—26.

The *humus contents* in the years 1938 and 1953 are seen in table 39. In group A the humus content remained the same, but in groups B and C farmyard manure caused a significant increase.

Total *nitrogen* contents (table 40) were determined only for groups A and B. Group A shows a slight decrease, group B a significant increase.

If the *measurement of pH* of the soil (table 41) is made in water, the pH may show great variation (Tuorila 1945), which does not occur if the measurement is made in a salt solution (Dorph-Petersen 1950). According to the pH figures determined in salt solution the acidity of the soil remained unchanged.

The amounts of the most important *exchangeable bases* of the soil as kg. equiv. per ha. are seen in table 42. The soil was especially rich in magnesium. Group A showed a decrease in the amount of bases, but the others did not. The figures for the so-called titration of soil acid extration are also given in table 42 on the right. As will be seen, they are in fair correlation with the sums of the bases, but are some 5 % lower than these (Salonen and Honkavaara 1954).

The *exchangeable calcium* of the soil was calculated as tons of $CaCO_3$ per ha. and is given in table 43. The amounts of exchangeable calcium were rather small. Changes in the amounts were fairly small, but groups B and C showed a slight increase, indicating that farmyard manure has the effect of maintaining the calcium status of the soil.

The amounts of *exchangeable potash* of the soil in kg. of K_2O per ha. are given in table 44. This table also includes the potash balances of the years 1939—1953 and of the whole experiment period 1929—1953. Figure 12, however, gives a clearer idea of the potash status of soil. Both potash balances as well as the figures obtained in soil analysis are shown in the same system of coordinates. The analytical data indicate changes in the potash status of the soil in correlation with the balances, but only to a slight degree. This is probably due to the continuous release of potash from the soil minerals, but it is also possible that the method of analysis employed was not satisfactory.

The amounts of easily *soluble phosphorus* as kg. of P_2O_5 per ha. are given in table 45, which also gives the phosphorus balances, and fig. 13 gives graphical presentations similar to those for potash in fig. 12. The phosphorus balances were highly positive in all cases where phosphorus fertilizer had been applied. A comparison of the analytical phosphorus figures to the balances shows a much poorer correlation than with potash. The method of analysis employed cannot reveal the phosphorus status of the soil satisfactorily.

Concerning the physical status of the soil, only the determinations of water-stable aggregates are available, table 46 and fig. 14. As the experimental soil was physically difficult silt clay, the amounts of water-stable aggregates were fairly low. The application of farmyard manure increased the aggregates of soil, especially the amount of the largest aggregates.

The *results of the experiment* reveal several factors of importance in the fertilization of clay soil. As the experiment was continued for 25 years (= 21 yields), it can be supposed that the effect of temporary factors was largely eliminated.

The natural productivity of the experiment soil was relatively good, because even 0 treatment produced fair annual yields, although with a marked decrease in the level of yields.

The soil seems to have been especially rich in potash, for only swedes were improved by potash fertilizing. The average effect of phosphorus on the experiment fields was comparatively small, but on swedes and rye it was good. In treatments with farmyard manure the effect of phosphorus fertilizing was a marked decrease. The effect of nitrogen, on the other hand, was good and even. It is particularly noteworthy that the application of farmyard manure did not diminish the effect of nitrogen fertilizer at all.

The effect of farmyard manure was very uneven and in some cases impossible to explain. The weak nitrogen effect of farmyard manure and its relatively good phosphorus effect are of particular interest.

Two methods of applying farmyard manure were used in the experiment, B (manure to fallow and swedes) and C (manure to fallow, swedes and old ley). B was distinctly better. It seems that the manure given to old ley was wasted.

Soil investigations revealed the influence of farmyard manure on the productivity of soil, its increasing effect on the humus and nitrogen contents of the soil, and its improving effect on the nutrient and physical status of the soil, though to a slighter degree.

This Publication is to be had abroad from the Library of the Agricultural Research Centre, Tikkurila, Finland.

Liitetaulukko I. Vuotuiset sadot kg/ha — *Appendix I. Annual yields kg. per ha.*

				Väkilannoitukset — *Fertilizer combinations*				
				0	NPK	NP	NK	PK
			Koejäsenryhmä A, ei karjanlantaa — *Group A, no farmyard manure*					
1929	2. nurmi	heiniä	— *2nd year ley hay*	3 790 ± 78	4 280 ± 67	4 330 ± 57	4 340 ± 75	3 920 ± 115
1930	3. »	»	— *3rd » » »*	3 500 ± 136	4 200 ± 54	4 440 ± 94	4 040 ± 120	3 800 ± 112
1931	Kaura	jyviä	— *Oats grain*	2 640 ± 148	3 140 ± 98	3 060 ± 108	2 720 ± 112	2 680 ± 104
		olkia	— *straw*	3 150	3 650	3 350	3 050	3 250
1932	Lanttu	juuria	— *Swedes roots*	21 830 ± 2 955	37 050 ± 815	36 280 ± 2 865	32 000 ± 3 670	31 800 ± 1 798
		naatteja	— *leaves*	5 400	9 500	9 500	8 800	9 000
1933	Hernekaura	jyviä	— *Peas and oats grain*	1 400 ± 108	1 730 ± 85	1 750 ± 40	1 600 ± 95	1 580 ± 105
		olkia	— *straw*	1 830	2 650	2 350	2 580	2 230
1934	Kesanto		— *Fallow*					
1935	Syysruis	jyviä	— *Rye grain*	1 830 ± 128	2 230 ± 128	2 250 ± 135	1 800 ± 145	2 180 ± 63
		olkia	— *straw*	3 700	4 180	4 180	3 480	4 100
1936	1. nurmi	heiniä	— *1st year ley hay*	5 840 ± 162	6 120 ± 152	5 780 ± 120	5 640 ± 166	5 820 ± 220
1937	2. »	»	— *2nd » » »*	6 360 ± 58	7 200 ± 210	6 820 ± 242	7 140 ± 86	6 820 ± 242
1938	3. »	»	— *3rd » » »*	6 030 ± 50	6 930 ± 118	6 700 ± 35	6 480 ± 108	6 500 ± 258
1939	4. »	»	— *4th » » »*	2 150 ± 155	2 830 ± 155	2 900 ± 155	2 700 ± 95	2 380 ± 105
1940	Kaura	jyviä	— *Oats grain*	1 540 ± 75	1 920 ± 78	1 750 ± 85	1 690 ± 90	1 590 ± 60
		olkia	— *straw*	1 940	1 840	1 950	2 040	1 790
1941	Lanttu, iti huonosti, ei satoa, lannoitukset annettu *Swedes, poor germination, no yield, fertilizers applied*							
1942	Hernekaura	jyviä ei lannoituksia	— *Peas and oats grain no fertilizing*	2 870 ± 82	3 240 ± 48	3 440 ± 94	3 190 ± 85	3 070 ± 187
		olkia	— *straw*	2 940	3 260	3 420	3 260	3 290
1943	Kesanto		— *Fallow*					
1944	Ruis	jyviä	— *Rye grain*	1 450 ± 82	2 000 ± 67	1 890 ± 60	1 850 ± 60	1 720 ± 78
		olkia	— *straw*	3 210	3 920	3 810	3 720	3 670
1945	1. nurmi	heiniä	— *1st year ley hay*	5 440 ± 215	5 910 ± 179	5 960 ± 72	5 560 ± 139	6 060 ± 109
1946	2. »	»	— *2nd » » »*	4 830 ± 120	5 480 ± 149	5 480 ± 94	5 490 ± 104	5 010 ± 130
1947	3. »	»	— *3rd » » »*	1 350 ± 154	2 370 ± 94	2 570 ± 60	2 200 ± 85	1 850 ± 57
1948	Kaura	jyviä	— *Oats grain*	2 270 ± 30	2 390 ± 60	2 340 ± 82	2 520 ± 48	1 920 ± 120
		olkia	— *straw*	2 190	2 340	2 220	2 350	1 940
1949	Lanttu	juuria	— *Swedes roots*	15 200 ± 888	26 250 ± 623	25 720 ± 384	15 830 ± 820	21 440 ± 1 082
		naatteja	— *leaves*	5 140	5 880	5 830	5 660	4 900
1950	Hernekaura	jyviä	— *Peas and oats grain*	2 660 ± 84	3 080 ± 40	3 140 ± 22	2 740 ± 80	2 740 ± 124
		olkia	— *straw*	2 960	4 360	3 980	3 560	3 620
1951	Kesanto		— *Fallow*					
1952	Ruis	jyviä	— *Rye grain*	480 ± 45	940 ± 42	1 050 ± 48	520 ± 82	1 450 ± 119
		olkia	— *straw*	1 090	2 020	2 300	990	2 440
1953	1. nurmi	heiniä	— *1st year ley hay*	5 380 ± 294	6 680 ± 282	6 200 ± 196	6 380 ± 76	5 080 ± 200

Liitetaulukko I, jatkoa

				Väkilannoitukset — *Fertilizer combinations*				
				0	NPK	NP	NK	PK
			Koejäsenryhmä B, karjanlantaa kesannolle ja juurikasveille — *Group B, farmyard manure to fallow and swedes*					
1929	2. nurmi	heiniä	— *2nd year ley hay*	3 890 ± 112	4 760 ± 104	4 810 ± 85	4 710 ± 90	3 770 ± 100
1930	3. »	»	— *3rd » » »*	3 780 ± 94	4 700 ± 130	4 680 ± 120	4 480 ± 162	3 920 ± 90
1931	Kaura	jyviä	— *Oats grain*	2 480 ± 124	3 080 ± 32	3 040 ± 84	2 720 ± 66	2 620 ± 116
		olkia	— *straw*	2 700	3 400	3 400	3 250	3 100
1932	Lanttu	juuria	— *Swedes roots*	20 950 ± 2 850	41 380 ± 1 910	37 250 ± 633	33 250 ± 1 453	28 680 ± 3 063
		naatteja	— *leaves*	6 500	12 600	12 100	10 000	7 800
1933	Hernekaura	jyviä	— *Peas and oats grain*	1 580 ± 123	1 680 ± 113	1 700 ± 105	1 700 ± 85	1 830 ± 68
		olkia	— *straw*	2 250	2 580	3 150	2 680	2 350
1934	Kesanto		— *Fallow*					
1935	Syysruis	jyviä	— *Rye grain*	2 350 ± 140	2 850 ± 140	2 850 ± 258	2 750 ± 155	2 350 ± 60
		olkia	— *straw*	4 180	5 130	5 600	4 400	4 630
1936	1. nurmi	heiniä	— *1st year ley hay*	5 340 ± 98	6 260 ± 76	6 480 ± 62	6 200 ± 94	5 440 ± 126
1937	2. »	»	— *2nd » » »*	6 460 ± 144	6 960 ± 90	7 100 ± 22	7 180 ± 116	6 480 ± 178
1938	3. »	»	— *3rd » » »*	5 950 ± 173	6 850 ± 45	6 950 ± 95	6 500 ± 113	6 180 ± 105
1939	4. »	»	— *4th » » »*	2 180 ± 123	2 750 ± 35	2 750 ± 100	2 580 ± 45	2 230 ± 73
1940	Kaura	jyviä	— *Oats grain*	1 870 ± 72	1 840 ± 40	1 900 ± 115	1 700 ± 109	1 700 ± 70
		olkia	— *straw*	1 450	1 890	2 270	2 350	1 620
1941	Lanttu, iti huonosti, ei satoa, lannoitukset annettu *Swedes, poor germination, no yield, fertilizers applied*							
1942	Hernekaura	jyviä ei lannoituksia	— *Peas and oats grain no fertilizing*	2 870 ± 100	3 240 ± 205	3 360 ± 199	3 260 ± 85	2 940 ± 67
		olkia	— *straw*	3 040	3 420	3 540	3 220	3 120
1943	Kesanto		— *Fallow*					
1944	Ruis	jyviä	— *Rye grain*	1 840 ± 57	2 070 ± 48	2 320 ± 57	2 090 ± 60	1 800 ± 70
		olkia	— *straw*	3 810	4 140	4 230	4 060	3 760
1945	1. nurmi	heiniä	— *1st year ley hay*	5 740 ± 139	6 260 ± 157	6 210 ± 157	5 910 ± 199	6 380 ± 232
1946	2. »	»	— *2nd » » »*	5 060 ± 112	5 610 ± 104	5 760 ± 120	6 000 ± 82	5 360 ± 120
1947	3. »	»	— *3rd » » »*	1 850 ± 67	2 590 ± 18	2 620 ± 45	2 440 ± 60	1 840 ± 48
1948	Kaura	jyviä	— *Oats grain*	2 190 ± 105	2 320 ± 82	2 420 ± 120	2 690 ± 119	2 100 ± 55
		olkia	— *straw*	2 050	2 350	2 520	2 570	2 040
1949	Lanttu	juuria	— *Swedes roots*	23 580 ± 1 264	29 810 ± 1 488	30 460 ± 1 369	28 520 ± 710	24 880 ± 541
		naatteja	— *leaves*	4 780	5 580	5 980	6 030	3 960
1950	Hernekaura	jyviä	— *Peas and oats grain*	2 440 ± 196	3 560 ± 160	3 580 ± 142	3 480 ± 104	3 260 ± 98
		olkia	— *straw*	3 650	3 850	4 200	4 150	3 850
1951	Kesanto		— *Fallow*					
1952	Ruis	jyviä	— *Rye grain*	2 090 ± 97	2 170 ± 75	2 340 ± 12	2 370 ± 45	2 150 ± 87
		olkia	— *straw*	3 740	3 770	4 280	4 060	3 790
1953	1. nurmi	heiniä	— *1st year ley hay*	5 540 ± 174	6 520 ± 104	6 860 ± 142	6 520 ± 124	5 480 ± 138

Liitetaulukko I, jatkoa

					Väkilannoitukset — *Fertilizer combinations*				
					0	NPK	NP	NK	PK
Koejäsenryhmä C, karjanlantaa kesannolle ja juurikasveille sekä viimeiselle nurmelle — *Group C, farmyard manure to fallow, swedes, and the last ley*									
1929	2. nurmi	heiniä	— *2nd year ley*	*hay*	3 740 ± 93	4 410 ± 115	4 330 ± 105	4 140 ± 42	3 910 ± 142
1930	3. »	»	— *3rd » » »	»	3 540 ± 44	4 120 ± 84	4 240 ± 86	4 180 ± 36	3 920 ± 112
1931	Kaura	jyviä	— *Oats*	*grain*	2 420 ± 94	2 820 ± 58	2 900 ± 58	2 580 ± 44	2 520 ± 90
		olkia	—	*straw*	2 950	3 650	3 600	3 200	2 900
1932	Lanttu	juuria	— *Swedes*	*roots*	20 550 ± 3 705	29 880 ± 2 228	27 950 ± 638	28 100 ± 1 263	31 730 ± 3 203
		naatteja	—	*leaves*	4 600	7 400	7 300	7 200	8 300
1933	Hernekaura	jyviä	— *Peas and oats*	*grain*	1 580 ± 83	1 730 ± 105	1 980 ± 90	1 500 ± 95	1 530 ± 33
		olkia	—	*straw*	1 980	2 330	2 530	2 330	2 530
1934	Kesanto		— *Fallow*						
1935	Syysruis	jyviä	— *Rye*	*grain*	2 150 ± 298	2 650 ± 285	2 400 ± 68	2 500 ± 123	2 430 ± 180
		olkia	—	*straw*	4 350	4 000	4 380	4 200	4 650
1936	1. nurmi	heiniä	— *1st year ley*	*hay*	5 200 ± 112	6 120 ± 206	6 200 ± 94	5 880 ± 138	5 760 ± 124
1937	2. »	»	— *2nd » »	»	6 640 ± 108	6 760 ± 98	6 760 ± 108	7 160 ± 178	6 620 ± 98
1938	3. »	»	— *3rd » »	»	5 850 ± 158	6 750 ± 178	6 780 ± 173	6 680 ± 150	6 430 ± 145
1939	4. »	»	— *4th » »	»	2 350 ± 73	2 650 ± 60	3 030 ± 68	3 100 ± 100	2 550 ± 83
1940	Kaura	jyviä	— *Oats*	*grain*	1 670 ± 87	1 700 ± 67	1 740 ± 40	1 850 ± 52	1 850 ± 63
		olkia	—	*straw*	1 640	1 940	1 990	2 040	1 620
1941	Lanttu, iti huonosti, ei satoa, lannoitukset annettu *Swedes, poor germination, no yield, fertilizers applied*								
1942	Hernekaura	jyviä ei lannoituksia	— *Peas and oats*	*grain no fertilizing*	2 770 ± 93	3 060 ± 93	3 120 ± 100	2 960 ± 105	2 920 ± 57
		olkia	—	*straw*	2 940	3 170	3 210	3 060	3 160
1943	Kesanto		— *Fallow*						
1944	Ruis	jyviä	— *Rye*	*grain*	1 550 ± 70	1 820 ± 37	1 720 ± 109	1 490 ± 63	1 750 ± 70
		olkia	—	*straw*	3 340	3 810	3 560	3 220	3 570
1945	1. nurmi	heiniä	— *1st year ley*	*hay*	5 730 ± 42	6 080 ± 90	6 080 ± 205	6 060 ± 124	6 250 ± 299
1946	2. »	»	— *2nd » »	»	4 840 ± 119	5 360 ± 52	5 490 ± 48	5 680 ± 120	5 080 ± 124
1947	3. »	»	— *3rd » »	»	1 690 ± 87	2 690 ± 45	2 840 ± 42	2 510 ± 23	2 040 ± 82
1948	Kaura	jyviä	— *Oats*	*grain*	2 290 ± 33	2 390 ± 112	2 720 ± 78	2 610 ± 124	2 340 ± 115
		olkia	—	*straw*	2 140	2 470	2 640	2 570	2 320
1949	Lanttu	juuria	— *Swedes*	*roots*	25 170 ± 974	29 460 ± 680	32 700 ± 586	28 860 ± 1 116	27 240 ± 1 236
		naatteja	—	*leaves*	4 190	4 960	5 360	5 980	4 490
1950	Hernekaura	jyviä	— *Peas and oats*	*grain*	3 000 ± 148	3 660 ± 162	3 780 ± 86	3 500 ± 86	3 500 ± 40
		olkia	—	*straw*	3 280	3 720	4 220	4 100	3 650
1951	Kesanto		— *Fallow*						
1952	Ruis	jyviä	— *Rye*	*grain*	1 840 ± 42	2 120 ± 52	2 290 ± 52	1 970 ± 45	2 320 ± 82
		olkia	—	*straw*	3 390	3 620	3 890	3 440	3 990
1953	1. nurmi	heiniä	— *1st year ley*	*hay*	5 180 ± 196	6 460 ± 238	6 480 ± 242	6 680 ± 80	5 480 ± 210